COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-QUATORZIÈME.

JANVIER — JUIN **1942**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1942

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1942

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

MM.

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), C. ✻, boulevard Matabiau, n° 5 *bis*, à Toulouse.

BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), C. ✻, ✠, rue Froideveaux, n° 4, à Paris, XIVe; DAN. 52-85.

CARTAN (*Élie*-Joseph), C. ✻, boulevard Jourdan, n° 95, à Paris, XIVe; GOB. 93-00.

JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻, ✠, rue Traversière, n° 4 *bis*, à Versailles; VER. 20-05.

MONTEL (*Paul*-Antoine), O. ✻, rue du Faubourg-Saint-Jacques, n° 79, à Paris, XIVe; GOB. 45-40.

....

SECTION II. — *Mécanique.*

DRACH (*Jules*), O. ✻, à Cavalaire (Var).

JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), C. ✻, avenue Berthelot, n° 14, à Lyon.

VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻, boulevard Auguste-Blanqui, n° 47, à Paris, XIIIe.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), O. ✻, rue Perronet, n° 94, à Neuilly-sur-Seine; MAI. 76-09.

CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻, ✠, rue Beethoven, n° 1, à Paris, XVIe; TRO. 47-68.

....

SECTION III. — *Astronomie.*

MM.

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻, rue de Téhéran, n° 5, à Paris, VIIIe; CAR. 47-68.

ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), O. ✻, avenue de l'Observatoire, n° 61, à Paris, XIVe; ODÉ. 04-20.

MAURAIN (*Charles*), C. ✻, rue Denfert-Rochereau, n° 83, à Paris, XIVe; DAN. 83-52.

FAYET (*Gaston*-Jules), ✻, villa Hallé, n° 3, rue Hallé, n° 36, à Paris, XIVe.

CHAZY (*Jean*-François), ✻, ✠, rue Joseph-Bara, n° 6, à Paris, VIe; DAN. 78-45.

LYOT (*Bernard*-Ferdinand), rue Boileau, n° 9 *bis*, à Paris, XVIe; JAS. 15-04.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

BOURGEOIS (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ✻, ✠, avenue La Bourdonnais, n° 59, à Paris, VIIe; SEG. 73-03.

PERRIER (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), G. O. ✻, ✠, rue Auber, n° 19, à Paris, IXe; OPÉ. 86-66.

TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ✠, La Martellie, Marquay (Dordogne).

DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ✿, ✠, à Roncherolles-le-Vivier, par Darnetal (Seine-Inférieure).

BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻, rue Duquesne, n° 30, à Lyon.

....

SECTION V. — *Physique générale.*

BRILLOUIN (Louis-*Marcel*), O. ✻, Le Petit-Bois, à Melle (Deux-Sèvres); MELLE 96.

PERRIN (*Jean*-Baptiste), G. O. ✻, Faculté des sciences de Lyon.

COTTON (*Aimé*-Auguste), C. ✻, rue Maurice-Berteaux, n° 18, à Sèvres (Seine-et-Oise); OBS. 05-08.

FABRY (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), C. ✻, aux Lecques, Saint-Cyr-sur-Mer (Var).

LANGEVIN (*Paul*), G. O. ✻, rue Raymond-Poincaré, n° 18, à Troyes.

....

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

MM.

BERTRAND (*Gabriel*-Émile), C. ✻, boulevard des Invalides, nº 61, à Paris, VIIe; SUF. 20-20.

DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), O. ✻, boulevard de Port-Royal, nº 10 *bis*, à Paris, Ve; GOB. 18-44.

LESPIEAU (Pierre-Léon-*Robert*), O. ✻, rue de la Colline, nº 6, Le Cannet, Cannes (Alpes-Maritimes).

LEBEAU (*Paul*-Marie-Alfred), O. ✻, avenue de Verrières, nº 9, à Massy (Seine-et-Oise); MASSY 21.

TIFFENEAU (*Marc*-Émile-Pierre-Adolphe), O. ✻, rue Danton, nº 3, à Paris, VIe; DAN. 82-17.

....

SECTION VII. — *Minéralogie.*

CAYEUX (*Lucien*), O. ✻, à Mauves-sur-Loire (Loire-Inférieure); MAUVES 25.

JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✻, ✠, place du Panthéon, nº 1, à Paris, Ve; ODÉ. 34-22.

MAUGUIN (*Charles*-Victor), O. ✻, rue Victor-Cousin, nº 1, à Paris, Ve; ODÉ. 24-13.

GRANDJEAN (*François*-Alfred), O. ✻, rue Léon-Tolstoï, nº 86, à Lyon.

MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻, rue du Bac, nº 110, à Paris, VIIe; LIT. 32-98.

....

SECTION VIII. — *Botanique.*

DANGEARD (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✻, rue Guichard, nº 4, à Paris, XVIe.

MOLLIARD (*Marin*), C. ✻, rue Vauquelin, nº 16, à Paris, Ve; GOB. 29-98.

BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), O. ✻, rue des Saints-Pères, nº 77, à Paris, VIe; LIT. 88-16.

GUILLIERMOND (Marie-Antoine-*Alexandre*), ✻, rue Marietton, nº 114, à Écully, près Lyon.

MM.

CHEVALIER (*Auguste*-Jean-Baptiste), C. ✻, boulevard Saint-Marcel, n° 14, à Paris, v^e^.

COLIN (*Henri*-Ernest), rue d'Assas, n° 21, à Paris, VIe; LIT. 86-37.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻, rue de Prony, n° 12, à Paris, XVIIe; WAG. 63-50.

LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻, ✠, rue Soufflot, n° 17, à Paris, V^e^; DAN. 77-79.

FOSSE (*Richard*-Jules), ✻, boulevard Saint-Germain, n° 16, à Paris, V^e^.

SCHRIBAUX (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✻, rue Pape-Carpantier, n° 5, à Paris, VIe; LIT. 12-61.

MOUSSU (Auguste-Léopold, dit *Gustave*), O. ✻, Villa des Épinettes, n° 1, à Saint-Maurice (Seine).

JAVILLIER (Jean-*Maurice*), O. ✻, ✠, rue Ernest-Renan, n° 19, à Paris, XVe; SÉG. 27-44.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (*Louis*-Eugène), C. ✻, rue Laffitte, n° 11, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).

MARCHAL (*Paul*-Alfred), C. ✻, avenue du Bois-de-Verrières, n° 55, à Antony (Seine); BERNY 00-75.

CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻, rue Mizon, n° 6, à Paris, XVe; SÉG. 08-97.

PÉREZ (*Charles*), O. ✻, avenue de Breteuil, n° 88, à Paris, XVe; SÉG. 58-68.

ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), O. ✻, rue Léopold-Robert, n° 10, à Paris, XIVe; SÉG. 01-10.

WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻, à Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales).

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✻, avenue Bosquet, n° 7, à Paris, VIIe; SÉG. 88-15.

ACHARD (Émile-*Charles*), C. ✻, avenue de Saint-Cloud, n° 52 *bis*, à Versailles; VER. 30-72.

MM.

GOSSET (*Antonin*-Louis-Charles-Sébastien), G. O. ✻, ♗, avenue Émile-Deschanel, n° 8, à Paris, VIIe; SÉG. 07-33.

FAURE (*Jean-Louis*), C. ✻, château Bellefont-Belcier, à Saint-Émilion (Gironde).

PORTIER (*Paul*), O. ✻, avenue Victor-Hugo, n° 34 *ter*, à Bourg-la-Reine (Seine).

. . . .

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

. . . . pour les Sciences mathématiques.

LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), G. O. ✻, pour les Sciences physiques, rue Jean-Dolent, n° 23, à Paris, XIVe; GOB. 35-77.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻, rue Chateaubriand, n° 29, à Paris, VIIIe; ÉLY. 20-29.

GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻, avenue Jean-Chiappe, n° 42 *bis*, à Paris, XVIe; PAS. 45-58.

MARTIN (*Louis*), G. C. ✻, rue de Vaugirard, n° 205, à Paris, XVe; SÉG. 02-56.

GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻, à Saint-Nom-la-Bretèche (Seine-et-Oise); SAINT-NOM-LA-BRETÈCHE 54.

DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), ✻, ♗, rue de l'Arbalète, n° 39, à Paris, Ve.

ROUSSY (*Gustave*), C. ✻, avenue Victor-Emmanuel-III, n° 31, à Paris, VIIIe; ÉLY. 73-53.

JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻, rue Copernic, n° 16, à Paris, XVIe.

. . . .

. . . .

. . . .

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), O. ✻, rue de Metz, n° 89, à Nancy; NANCY 73-60.

CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, boulevard Riquet, n° 4, à Toulouse; TOULOUSE 254-20.

MM.

PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Cormier, Floirac (Gironde); CORMIER 55.

SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, Institut Pasteur, à Alger; ALGER 608-75, 76 et 77, 356-91.

....

....

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, rue du Pré-aux-Clercs, n° 16, à Paris, VIIe.

LUMIÈRE (*Louis*-Jean), G. C. ✻, villa Lumen, à Bandol (Var); BANDOL 14.

CLAUDE (*Georges*), O. ✻, ✠, boulevard Richelieu, n° 14, à Rueil (Seine-et-Oise); RUEIL 23 et GAL. 98-73.

GUILLET (*Léon*-Alexandre), G. O, ✻, rue Montgolfier, n° 1, à Paris, IIIe; ARC. 31-05.

ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, hôtel Carlton, rue de Jussieu, Lyon, IIe.

....

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

THOMSON (Sir *Joseph John*), Trinity College, à Cambridge (Angleterre).

BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, rue du Remorqueur, n° 28, à Bruxelles.

WINOGRADSKY (*Serge*), rue Pasteur, à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).

ZEEMAN (*Pieter*), C. ✻, Stadhouderskade, n° 158, à Amsterdam.

EINSTEIN (*Albert*), Université de Princeton (New Jersey).

FLEXNER (*Simon*), C. ✻, 530 East 86th Street, à New York.

BRAGG (Sir *William* Henry), Albemarle Street, n° 21, à Londres, W. I.

MORGAN (*Thomas Hunt*), San Pasqual Street, n° 1149, à Pasadena (Californie).

LEVI-CIVITA (*Tullio*), via Sardegna, n° 50, à Rome.

....

....

....

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10 + 1).

MM.

HILBERT (*David*), Wilhelm-Weberstrasse, n° 29, à Göttingen (Allemagne).
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, avenue des Alliés, n° 155, à Louvain (Belgique).
LARMOR (Sir *Joseph*), Saint John's College, à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), Université de Chicago (Illinois).
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✻, Malmôgade, n° 8, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), Prospect Lesnoy, n° 61, à Leningrad.
BIRKHOFF (*George* David), Memorial Drive, n° 984, à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), via Boncompagni, n° 16, à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✻, villa « Les Pins », Les Lecques, à Saint-Cyr-sur-Mer (Var).
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, place Saint-Laurent, n° 1, à Grenoble.
GIRAUD (*Georges*-Julien), rue Nationale, à Bonny-sur-Loire (Loiret).

SECTION II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), ✻, rue Frizac, n° 9, à Toulouse.
STODOLA (*Aurel*), Witikonerstrasse, n° 360, à Zurich.
LOVE (*Augustus Edward Hough*), St Margaret's Road, n° 34, à Oxford (Angleterre).
HAAG (*Jules*), ✻, rue du Polygone, n° 25, à Besançon; BESANÇON 20-67.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), ✻, rue Brochier, n° 27, à Marseille.
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), rue Edmond-Roger, n° 10, à Paris, XVe; VAU. 62-39.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), O. ✻, rue Marcel-Journet, n° 2, à Grasse (Alpes-Maritimes).

MM.

BOULIGAND (*Georges*-Louis), ☼, rue Saint-André-des-Arts, n° 46, à Paris, VIe.

ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), ☼, avenue Niel, n° 86, à Paris, XVIIe; WAG. 01-02.

TIMOSHENKO (*Stephen*), W. Crescent Drive, n° 536, à Palo Alto (Californie).

SECTION III. — *Astronomie* (10).

FOWLER (*Alfred*), Imperial College of Science and Technology, South Kensington, à Londres, S. W. 7.

SCHLESINGER (*Frank*), O. ☼, Prospect Street, n° 477, à New Haven (Connecticut).

ADAMS (*Walter Sydney*), North Hill Avenue, n° 873, à Pasadena (Californie).

BOSLER (*Jean*), ☼, place Le Verrier, n° 2, à Marseille; NATIONAL 05-29.

BERGSTRAND (*Carl Östen* Emanuel), Astronomiska Observatorium, à Upsal.

ROTHÉ (*Edmond*-Ernest-Antoine), O. ☼, boulevard de la Pyramide, n° 9, à Clermont-Ferrand.

HERTZSPRUNG (*Ejnar*), Sterrewacht, à Leyde (Pays-Bas).

RUSSELL (*Henry Norris*), Alexander Street, n° 79, à Princeton (New Jersey).

....

....

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), Norra Blasieholmshamn, 5-B, à Stockholm.

BOWIE (*William*), Church Street, n° 1733, à Washington, D. C.

RICHARD (*Jules*), O. ☼, Villa Richard, à Monaco.

VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE), C. ☼, ☨, palais Verdi, rue Bosio, à Monaco.

VENING MEINESZ (*Felix Andries*), Potgieterlaan, n° 5, à Amersfoort (Pays-Bas).

POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ☼, ☨, Observatoire de Tananarive.

KOCH (*Lauge*), O. ☼, Slotsholmsgade, n° 10, à Copenhague.

MM.

LEJAY (*Pierre*), ✠, rue Raynouard, n° 22, à Paris, XVIe.

MARGUET (*Frédéric*-Philippe), C. ✠, rue du Lieutenant Joseph-Layet, à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes).

....

SECTION V. — *Physique générale* (10).

MATHIAS (*Émile*-Ovide-Joseph), O. ✠, boulevard Lafayette, n° 100, à Clermont-Ferrand.

MILLIKAN (*Robert Andrews*), Norman Bridge Laboratory of Physics, à Pasadena (Californie).

GUYE (*Charles Eugène*), ✠, route de Florissant, n° 4, à Genève.

TOWNSEND (*John* Sealy), ✠, New College House, Holywell Street, à Oxford (Angleterre).

CABRERA (*Blas* Juan Jose Secundino), Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).

BUISSON (*Henri*-Auguste), O. ✠, ✠, boulevard de la Madeleine, n° 88, à Marseille; MARENGO 27-78.

CABANNES (*Jean*), ✠, ✠, rue Pierre-Curie, n° 2, à Paris, Ve; ODÉ. 95-50.

BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✠, Gl. Carlsberg, Valby, à Copenhague.

HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✠, Rijnsburgerweg, n° 20, à Leyde (Pays-Bas).

HULUBEI (*Horia*), O. ✠, à Bucarest.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

WALDEN (*Paul*), Institut de Chimie, Université de Rostock (Allemagne).

RECOURA (*Albert*), O. ✠, rue Lesdiguières, n° 4, à Grenoble.

HADFIELD (Sir *Robert* Abbott), O. ✠, Carlton House Terrace, n° 22, à Londres, S. W. I.

PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✠, place du Panthéon, n° 6, à Paris, Ve; DAN. 77-58.

HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✠, Parkweg, n° 7, à Bloemendaal (Pays-Bas).

MM.

NICLOUX (*Maurice*), O. ✻, rue Reinard, n° 92, à Marseille.
DENIGÈS (*Georges*-Noël-Fort), O. ✻, rue d'Alzon, n° 53, à Bordeaux.
....
....
....

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), O. ✻, à Mathieu (Calvados).
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, avenue Secrétan, n° 23, à Lausanne (Suisse).
VERNADSKY (*Wladimir*), Durnovskij 1[d], Kw. 2, à Moscou, 2.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), ✻, place d'Apvril, n° 1, à Grenoble; GRENOBLE 3-37.
LERICHE (*Maurice*-Henri-Charles), ✻, avenue de la Floride, n° 113, à Uccle-Bruxelles.
LAPPARENT (Marie-*Jacques* COCHON DE), ✻, rue Notre-Dame-des-Champs, n° 107, à Paris, VI[e].
MRAZEC (*Ludovic*), C. ✻, Strada Progresului, n° 13, à Bucarest.
FOURMARIER (*Paul* Frédéric Joseph), ✻, avenue de l'Observatoire, n° 140, à Liége (Belgique); LIÉGE 22677.
BRAGG (*William Lawrence*), West Road, n° 3, à Cambridge (Angleterre).
....

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, La Vialle, à Vénéjan (Gard); VÉNÉJAN 1.
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, rue Linné, n° 3, à Alger.
IKENO (*Seiitirô*), Miyametyô, n° 1740, Meguroku, à Tokyo.
PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, Villa « La Vedette », boulevard de Garavan, à Menton (Alpes-Maritimes).
DEVAUX (*Henri*-Edgard), ✻, rue Millière, n° 44, à Bordeaux.
BLAKESLEE (*Albert Francis*), Cold Spring Harbor, à Long-Island (New York).
MAIGE (Louis-*Albert*), O. ✻, parc Monceau, n° 19, à Lille; LILLE 522-41.
HOUARD (*Clodomir*-Antony-Vincent), château de Misery, à Coulanges-sur-Yonne (Yonne).

MM.

DE WILDEMAN (*Émile* Auguste Joseph), rue des Confédérés, n° 122, à Bruxelles, N. E.

TEODORESCO (*Emmanuel* Constantin), Strada Cotroceni, n° 38, à Bucarest, VI.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, villa Adeline, rue Galliéni, à Hyères (Var).

RUSSELL (Sir Edward *John*), Rothamsted Experimental Station, à Harpenden (Angleterre).

LAGATU (*Henri*-Désiré), O. ✻, rue de la Monnaie, n° 1 *bis*, à Montpellier.

MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), chaussée de Namur, n° 48, à Gembloux (Belgique).

VALLÉE (*Henri*-Pierre-Michel), C. ✻, boulevard Thiers, n° 15, à Dijon.

TSCHERMAK-SEYSENEGG (*Erich*), Gregor Mendelstrasse, n° 33, à Vienne, XVIIIe (Autriche).

WAKSMAN (*Selman* Abraham), Walter Avenue, n° 35, à New Brunswick (New Jersey).

LESBRE (*François-Xavier*), O. ✻, cours Gambetta, n° 7, à Lyon.

GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), O. ✻, rue de la Planche, n° 11, à Paris. VIIe; LIT. 38-56.

GORINI (*Costantino*), via Orcagna, n° 4, à Milan.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Castelnau-le-Lez (Hérault).

VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-*Albert*), ✻, rue Croix-de-Régnier, n° 22, à Marseille.

LAMEERE (*Auguste*-Alfred-Lucien-Gaston), ✻, rue de Livourne, n° 103, à Ixelles-lez-Bruxelles.

LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, rue des Dauphins, n° 1, à Grenoble.

PELSENEER (*Paul*), O. ✻, rue Belliard, n° 2, à Bruxelles.

BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Clermont-Ferrand.

GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, chemin Frisco, n° 3, à Genève.

CHATTON (*Édouard*-Pierre-Léon), ✻, ✠, Laboratoire Arago, à Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales).

MM.

PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, boulevard Camille Saint-Saëns, n° 87, à Alger.

. . . .

Section XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), G. O. ✻, Institut Pasteur, à Nha-Trang (Annam).

WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), Pembroke Square, n° 6, à Londres, W. 8.

SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), Broomside, Valley Road, à Ipswich (Angleterre).

FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Grave, par Mirepoix (Ariège).

CARREL (*Alexis*), C. ✻, rue Georges-Delavenne, n° 5, à Paris, VIIe; INV. 73-05.

LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, cours Gambetta, n° 262, à Lyon.

SABRAZÈS (*Jean*-Émile), O. ✻, rue Ferrère, n° 50, à Bordeaux; BORDEAUX 805-98.

HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, Norr Mälarstrand, n° 70, à Stockholm.

. . . .

. . . .



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JANVIER 1942.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT, PUIS DE M. ERNEST ESCLANGON.

M. **Hyacinthe Vincent**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1941.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1942.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 210 (1er semestre de l'année 1940) et 211 (2e semestre de l'année 1940) ont paru avec leurs Tables.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1941 ont paru. Les tables du 1er semestre sont sur le point de paraître. Le volume des Tables générales pour la période 1926-1940, *Auteurs*, est à l'impression.

Mémoires de l'Académie. — Les tomes 63 et 64 ont paru. Le tome 65 paraîtra prochainement.

Notices et discours. — Le tome 2 est en préparation.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1942 ne paraîtra pas en raison des restrictions actuellement imposées à l'imprimerie.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences. — Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1941.

Section de Géométrie. — M. **Henri Lebesgue**, le 26 juillet, à Paris.

Section de Chimie. — M. **Auguste Béhal**, le 2 février, à Mennecy, Seine-et-Oise.

Secrétaires perpétuels. — M. **Émile Picard**, le 11 décembre, à Paris.

Membres non résidants. — M. **Paul Sabatier**, le 14 août, à Toulouse.

Membres à remplacer.

Section de Géométrie. — M. **Henri Lebesgue**, mort à Paris, le 26 juillet 1941.

Section de Mécanique. — M. **Léon Lecornu**, mort à Saint-Aubin-sur-Mer, Calvados, le 13 novembre 1940.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Eugène Fichot**, mort à Tabanac, Gironde, le 17 juillet 1939.

Section de Physique générale. — M. **Édouard Branly**, mort à Paris, le 24 mars 1940.

Section de Chimie. — M. **Auguste Béhal**, mort à Mennecy, Seine-et-Oise, le 2 février 1941.

Section de Minéralogie. — M. **Charles Barrois**, mort à Sainte-Geneviève-en-Caux, par Auffray, Seine-Inférieure, le 5 novembre 1939.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Arsène d'Arsonval**, mort à La Borie, par La Porcherie, Haute-Vienne, le 31 décembre 1940.

Secrétaires perpétuels. — M. **Émile Picard**, mort à Paris, le 11 décembre 1941.

Section des Académiciens libres. — M. **Paul Séjourné**, mort à Paris, le 14 janvier 1939.

M. **Alexandre Desgrez**, mort à Mennecy, Seine-et-Oise, dans la nuit du 19 au 20 janvier 1940.

M. **Jules-Louis Breton**, mort à Bellevue, Seine-et-Oise, le 2 août 1940.

Section des Membres non résidants. — M. **Pierre Weiss**, mort à Lyon, le 24 octobre 1940.

M. **Paul Sabatier**, mort à Toulouse, le 14 août 1941.

Section des Applications de la science à l'industrie. — M. **Maxime Laubeuf**, mort à Cannes, Alpes-Maritimes, le 23 décembre 1939.

Associés étrangers. — M. **Edmund Beecher Wilson**, mort à New York, le 3 mars 1939.

M. **Waldemar Christofer Brögger**, mort à Boekkelaget, près d'Oslo, le 17 février 1940.

M. **Vito Volterra**, mort à Rome, le 11 octobre 1940.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Louis Fabry**, mort aux Lecques, Var, le 26 janvier 1939.

Sir **Frank Dyson**, mort en mer, au retour d'un voyage en Australie, le 25 mai 1939.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Jules Schokalsky**, mort à , le 26 mars 1940.

Pour la Section de Chimie. — M. **Marcel Godchot**, mort à Montpellier, le 11 février 1939.

Sir **William Pope**, mort à Cambridge, Angleterre, 17 octobre 1939.

M. **Frédéric Swarts**, mort à Gand, Belgique, le 6 septembre 1940.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Giuseppe Cesàro**, mort à Comblain-au-Pont, Belgique, le 20 janvier 1939.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Thomas Hunt Morgan**, élu Associé étranger, le 20 juin 1938.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Simon Flexner**, élu Associé étranger, le 22 février 1937.

M. **Giuseppe Sanarelli**, mort à Rome, le 6 avril 1940.

Pour les Sections qui pourront être désignées par l'Académie :

A. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **Joseph Auclair**, mort à Saint-Léger-sur-Roanne, le 12 décembre 1936.

B. — Le Correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Amé Pictet**, mort à Genève, le 11 mars 1937.

C. — Le Correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **Camille Gutton**, élu académicien libre, le 31 janvier 1938.

D. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **John Alexander Low Waddell**, mort à New York, le 3 mars 1938.

E. — Le Correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Lucien Daniel**, mort à Rennes, le 26 décembre 1940.

M. **Hyacinthe Vincent**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Messieurs et chers Confrères,

Avec l'année qui commence se termine la présidence de l'Académie des Sciences que vous m'avez fait le grand honneur de me confier.

La tâche un peu lourde qui m'a été échue a été allégée à la fois par votre grande bienveillance et par le concours si précieux qui m'a été apporté par M. A. Lacroix, notre éminent Secrétaire perpétuel. Qu'il me soit permis de vous adresser, ainsi qu'à lui, mes plus vifs remercîments.

Je prie mon très savant Confrère et ami, M. Ernest Esclangon, de venir siéger au fauteuil présidentiel, et M. Gabriel Bertrand, Vice-Président, de prendre également place au bureau.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **Ernest Esclangon** s'exprime en ces termes :

Mon premier devoir, mes chers Confrères, sera de rendre hommage à notre éminent et illustre confrère, M. Hyacinthe Vincent, auquel je suis, par les suffrages dont vous avez bien voulu m'honorer, appelé à succéder.

M. Vincent a présidé nos séances avec un art éprouvé qui lui a valu notre admiration, toute faite de haute estime et d'unanime sympathie.

Parmi le bruit dont s'entourent nos séances, sa voix a toujours été écoutée avec attention; c'est bien rarement que nous l'avons vu agiter la sonnette présidentielle, d'ailleurs, à elle seule, nous le savons bien, notoirement inefficace.

La tâche de M. Vincent a notablement dépassé la mesure habituelle; c'est pendant un an et demi qu'il a dû remplir effectivement les fonctions de Président, fonctions dont il s'est acquitté avec un zèle inlassable et une délicatesse toute particulière.

Alors que, après plusieurs semaines de maladie, sa santé laissait encore à désirer, il est venu régulièrement s'asseoir à ce fauteuil sans que rien ne trahisse la souffrance physique qu'il endurait parfois et ne le détourne d'une attention aussi tranquille que soutenue. De tout cela, nous devons lui être profondément reconnaissants.

Au cours de l'année 1941, dans la nuit des événements actuels, nous avons vécu des heures inquiètes; nous avons aussi, hélas, éprouvé des deuils, de très grands deuils. Cependant, ce n'est pas sans une certaine satisfaction qu'on a pu constater que l'activité de l'Académie en a été peu

éprouvée; nos commissions ont fonctionné normalement, nos prix, nos subventions ont été distribués régulièrement, nos *Comptes rendus* enfin sont demeurés copieux et substantiels; cela prouve bien que la Science française continue à vivre d'une vie active et féconde. Nos séances même ont conservé leur aspect habituel, toujours animées par le bruit des conversations particulières, ce qui a fini par en constituer comme une atmosphère essentielle, au point qu'aujourd'hui un silence trop parfait nous apparaîtrait comme empreint de monotonie et de lourdeur.

Et tout cela témoigne que dans cette enceinte, où tant de voix illustres se sont fait entendre, les événements du monde qui enfièvrent notre planète ne parviennent que sous une apparence lointaine et atténuée.

Messieurs, depuis deux ans, de nombreux vides se sont créés dans nos rangs; la mort a poursuivi son œuvre inlassablement. Il y a quelques semaines à peine, c'était notre illustre Secrétaire perpétuel, Émile Picard qui succombait, semant le deuil à l'Académie et dans le monde savant. C'est, au ciel de la science, une étoile de première grandeur qui vient de s'éteindre. Mais sa clarté continue à illuminer et emplir l'espace. La mort d'un homme ne s'accomplit point lorsque s'éteint le souffle qui l'anime; elle ne se réalise vraiment que lorsque disparaissent les traces que sa vie a laissées parmi les autres hommes, que lorsque s'en évanouit pour toujours le souvenir dans la mémoire et la conscience universelles. Pour Émile Picard, ces traces sont profondes, indélébiles; les effets de son œuvre se poursuivent et continuent à répandre leur lumière; à ce titre il reste plein de vie parmi nous, et dans le monde de la science qu'il a illuminé avec tant d'éclat.

Quoi qu'il en soit, les vides matériels que la mort a creusés parmi nous s'accroissent progressivement. Leur nombre, hélas, est quelque peu fonction de l'âge moyen des membres de l'Académie, et il y aurait sur ce point d'intéressantes statistiques à faire et à confronter avec celles du passé. Le temps n'est plus où, comme au XVIIIe siècle, l'Académie accueillait de nombreux moins de 30 ans dans son sein, des moins de 20 ans parfois, à l'exemple de Clairaut qui y fut admis à l'âge de 18 ans, avec une dispense d'âge spéciale.

Devant l'importance que commence à prendre le nombre des fauteuils vacants, il sera sans doute utile d'examiner, en 1942, le point de savoir s'il ne conviendrait pas de leur donner de nouveaux titulaires. Certaines sections d'ailleurs ont été plus lourdement éprouvées. Il serait opportun, à des points de vue divers, de ne pas laisser s'accumuler outre mesure les

sièges libres; de ne pas laisser s'amoindrir, au sein de nos assemblées et de nos commissions, le champ des compétences indispensables.

Le moment semblerait donc venu de mettre fin à notre abstention, de revenir à la pratique normale de recrutement et de remplir les vides, trop nombreux, qui se creusent dans nos rangs; de solliciter les lumières des hommes de haute et exceptionnelle valeur qui illustrent et honorent la science, et les appeler à venir siéger parmi nous.

Malgré la dureté exceptionnelle des temps, malgré les difficultés et les angoisses qui pèsent lourdement sur toutes les branches de l'activité humaine, nous devons nous appliquer à maintenir sans défaillance le champ d'action de l'Académie, à ne pas laisser s'affaiblir le rayonnement qu'elle a répandu autour d'elle et dans le monde, et qui a illustré son histoire plusieurs fois séculaire.

CORRESPONDANCE.

TOPOLOGIE. — *Sur une caractérisation topologique de la circonférence.* Note de Mlle **Hélène Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Il a déjà été donné plusieurs caractérisations topologiques de la circonférence, notamment par Janiszewski ([1]) et par M. Ky Fan ([2]). Nous nous proposons ici d'en établir une autre, valable pour les espaces de Hausdorff.

Théorème. — *Pour qu'un espace topologique* E *connexe soit homéomorphe à une circonférence, il faut et il suffit :*

1° *que* $E-(x)$ *soit connexe, quel que soit* $x \in E$;

2° *que* $E-(x)-(y)$ *soit non connexe, quels que soient*

$$x\in E, \quad y\in E, \quad x\neq y;$$

3° *que* E *soit, ou localement connexe* ([3]) *ou compact* (hypothèses qui moyennant 1° et 2° sont équivalentes);

([1]) *Thèse*, 1912, Chap. III.

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 518-520.

([3]) On rappelle qu'un espace topologique est localement connexe si tout voisinage de chacun de ses points contient un voisinage connexe de ce point.

4° *que* E *possède un sous-ensemble dénombrable partout dense.*

II. La démonstration fait usage du lemme suivant :

LEMME. — *Si d'un espace topologique E connexe qui est en outre* localement connexe ou compact, *on retranche un ensemble* fermé F *non vide, toute composante connexe de E — F a au moins un point frontière dans* F.

Ce résultat, à peu près évident dans le cas de la connexité locale, a été démontré par Urysohn [4] dans le cas de la compacité, et s'étend facilement à un espace E dans lequel deux points quelconques peuvent être rejoints par un compact connexe.

III. *Marche de la démonstration.* — Un point essentiel consiste à prouver le théorème suivant :

THÉORÈME AUXILIAIRE. — *Les hypothèses* 1°, 2° *et* 3° *entraînent que* E *peut être considéré comme la réunion de deux ensembles* U_1, U_2, *ne se coupant qu'en deux points a et b* :

$$E = U_1 \cup U_2, \quad U_1 \cap U_2 = (a) \cup (b),$$

U_1 *et* U_2 *étant, en même temps que* E, *localement connexes ou compacts, et étant* connexes irréductibles entre a et b [5].

Or pour un connexe irréductible, les hypothèses *localement connexe* et *compact* sont équivalentes; l'hypothèse 4° entraîne alors l'homéomorphisme à un segment de droite [6]. U_1 et U_2 étant deux arcs simples n'ayant en commun que leurs extrémités, E est bien homéomorphe à une circonférence [7].

IV. *Esquisse de la démonstration du théorème auxiliaire.* — Prenons arbitrairement a et b distincts dans E. $E - (a) - (b)$ n'étant pas connexe, il existe une décomposition de $E - (a) - (b)$ en deux ouverts disjoints, V_1 et V_2. Posons

$$U_1 = V_1 \cup (a) \cup (b), \qquad U_2 = V_2 \cup (a) \cup (b).$$

[4] *Multiplicités cantoriennes*, tome II (*Verhand. Akademie Amsterdam*, 13, 1927, Chap. III, § 4). La démonstration d'Urysohn, valable dans les espaces métriques compacts, peut être remplacée par une démonstration qui s'affranchit de l'hypothèse de l'existence d'une métrique.

[5] Un espace est dit *connexe irréductible entre a et b* s'il est connexe et ne contient aucun vrai sous-ensemble connexe contenant a et b.

[6] Cf. pour la compacité, HAUSDORFF, *Mengenlehre*, 3e éd., 1935, pp. 219-223; pour la connexité locale, KY FAN, *Thèse*, 1942, Chap. IV, p. 69.

[7] Remarquons qu'en supprimant l'hypothèse 4°, on obtient une caractérisation d'espaces plus généraux, ceux qu'on déduit d'un espace totalement ordonné connexe et compact en recollant ses deux extrémités.

Il est immédiat que U_1 et U_2 sont, en même temps que E, localement connexes ou compacts. La connexité de $E-(a)$ et de $E-(b)$ entraîne que U_1 et U_2 sont connexes. On en déduit, dans le cas où E est compact, que quel que soit $x \in E$, l'espace $\mathcal{E} = E-(x)$ satisfait aux conditions d'application du lemme.

On montre alors que, quels que soient $x_1 \in V_1$, $x_2 \in V_2$, $E-(x_1)-(x_2)$ est la réunion de deux *connexes* A contenant a, B contenant b. Pour cela on applique le lemme aux composantes connexes de $V_1-(x_1)$, $V_2-(x_2)$, qui sont respectivement des composantes de $\{E-(x_1)\}-\{(a) \cup (b)\}$, $\{E-(x_2)\}-\{(a) \cup (b)\}$. (Chacune a alors pour point-frontière a ou b.)

Soit donc

$$E-(x_1)-(x_2) = A \cup B, \qquad a \in A, \qquad b \in B.$$

Comme l'ensemble $E-(x_1)-(x_2)$ n'est pas connexe, A et B ne sont autres que ses deux composantes connexes. Donc il n'existe pas de sous-ensemble connexe de $E-(x_1)-(x_2)$ contenant à la fois a et b, et, en particulier, pas de sous-ensemble connexe de $U_1-(x_1)$ contenant à la fois a et b : ce qui prouve bien que U_1 est connexe irréductible entre a et b.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Théorie ondulatoire de la pression osmotique.* Note de M. **René Lucas**, transmise par M. Paul Langevin.

Si la pression osmotique joue un rôle capital dans la théorie des solutions, son évaluation théorique ne repose jusqu'ici que sur une équivalence entre l'énergie cinétique des molécules dissoutes et celle des gaz parfaits. Cette base d'estimation peut paraître fragile si l'on songe aux différences considérables entre les phases liquide et gazeuse. On sait d'autre part que, pour les liquides, l'analyse de l'agitation thermique par ondes permet de relier simplement ([1]) des grandeurs qui n'ont pu l'être en théorie cinétique corpusculaire. Il est donc utile de faire l'évaluation de la pression osmotique du même point de vue ondulatoire utilisé avec succès pour les solides et les liquides ; c'est l'objet de la présente Note.

Par suite des interactions intenses entre molécules de la solution nous décomposerons leurs mouvements en ondes (longitudinales et transversales) relatives les unes au corps dissous et les autres aux molécules de solvant. Supposons maintenant que la solution soit enfermée dans un corps

---

([1]) R. Lucas, *Journ. de Physique*, 10, 1939, p. 60.

de pompe muni d'un piston semi-perméable, l'autre face du piston étant en contact avec le solvant pur. Nous traduirons les propriétés de la paroi semi-perméable en exprimant que celle-ci est *transparente* pour les ondes d'agitation thermique des molécules de solvant, tandis qu'elle est parfaitement *réfléchissante* pour les ondes relatives aux molécules dissoutes.

Dans ces conditions *la pression osmotique a pour valeur la pression de radiation des ondes d'agitation thermique du corps dissous* et peut être évaluée par la relation générale suivante ([2]) :

$$\varpi = \frac{U_l}{V_l}\varepsilon_l\left(\frac{1}{3} + \frac{c}{V_l}\frac{dV_l}{dc}\right) + \frac{U_t}{V_t}\varepsilon_t\left(\frac{1}{3} + \frac{c}{V_t}\frac{dV_t}{dc}\right),$$

ϖ pression osmotique, ε_l et ε_t densités d'énergie des ondes longitudinales et transversales, V_l et V_t vitesse de phase des ondes, U_l et U_t vitesses de groupe, c densité de matière intéressée par les ondes (ici corps dissous).

Les ondes longitudinales, ou de condensation, modifient la concentration c du corps dissous suivant l'équation de la diffusion $D\,\Delta c = (\partial c/\partial t)$ (D constante de diffusion), et une onde périodique plane se propage avec la vitesse de phase $V_l = 2\sqrt{\pi D \nu}$ (ν fréquence) ; la vitesse de groupe $U_l = 2V_l$.

En ce qui concerne les ondes transversales, on peut admettre leur existence par suite des interactions (du type de viscosité), en sorte qu'une onde transversale se propagerait suivant la vitesse de phase $V_t = 2\sqrt{K\pi D\nu}$ (K constante numérique), d'où $U_t = 2V_t$.

Les densités d'énergie ε_l et ε_t s'évalueront en dénombrant les états vibratoires présents par unité de volume et dans un intervalle $d\nu$ de fréquence, chaque état vibratoire ayant une énergie moyenne

$$\frac{1}{2}\,\frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1},$$

le facteur $1/2$ tenant compte de la seule énergie cinétique des ondes. En raison de la petitesse de la constante de diffusion D dans les liquides, les limites supérieures du spectre de Debye sont telles que $h\nu/KT \ll 1$, en sorte que l'on a en définitive

$$\varpi = \frac{RTc}{M}\left(1 + \frac{3}{2}\,\frac{c}{D}\,\frac{dD}{dc}\right),$$

R constante des gaz, M masse moléculaire, T température absolue. La

([2]) Voir à ce sujet LÉON BRILLOUIN, *Les tenseurs en mécanique et en élasticité*, Paris, 1938.

dérivée dD/dc, prise pour une *transformation adiabatique*, pourra en première approximation être confondue avec la dérivée isothermique.

Aux petites concentrations on retrouve l'expression classique de van't Hoff. Elle cesse d'être valable en général aux grandes concentrations, car D varie d'une manière sensible avec la concentration, ainsi qu'il résulte d'un important travail expérimental de H. Lemonde (³).

La pression ϖ ne pouvant être que positive, il faut que $(c/D)(dD/dc) > -2/3$, et cette inégalité paraît bien respectée (aux limites d'erreurs de mesure) lorsque dD/dc est négatif dans les résultats expérimentaux de Lemonde. Enfin, aux fortes concentrations, le terme $3/2 . c/D\, dD/dc$ peut dépasser l'unité et traduit les gros écarts à la loi de van't Hoff que montre l'expérience et qui rendent cette loi inutilisable pour la théorie des solutions concentrées. La nouvelle expression de la pression osmotique peut faire l'objet, dans ce domaine, de nombreuses applications.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution des acides mannito-zirconique et ferrique*. Note de M. **Arakel Tchakirian**, présentée par M. Marcel Delépine.

Acide mannito-zirconique. — J'ai signalé précédemment que l'addition de soude caustique à une solution d'oxychlorure de zirconium $Cl^2(ZrO)+8OH^2$ donne lieu, en présence de corps organiques à fonctions alcooliques multiples, à des phénomènes analogues à ceux observés pour l'acide germanique et l'acide borique [1].

Récemment, Mlle Falinski [2] a montré que les mélanges de solutions de mannite et d'oxychlorure de zirconium possèdent un pouvoir rotatoire très supérieur à celui des solutions de mannite, ce qui démontre l'existence d'un complexe.

L'hydrate de zirconium n'est soluble ni dans une solution aqueuse de mannite ni dans une solution peu concentrée de soude, mais, lorsqu'on ajoute progressivement de la soude à une solution mannitique d'oxychlo-

---

(³) *Annales de Physique*, 9, 1938, p. 539.

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 846; *Annales de Chimie*, 12, 1939, p. 415.

(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 69.

rure de zirconium, le précipité qui prend d'abord naissance se dissout dans un très léger excès d'alcali.

J'ai cherché à établir la constitution qu'on pouvait attribuer à cet acide en solution, en déterminant d'une part les hydrogènes salifiables, d'autre part le nombre d'atomes de zirconium entrant dans ce complexe.

Le titrage alcalimétrique en présence de mannite, avec la phénolphtaléine comme indicateur, a donné la quantité totale de soude nécessaire pour salifier l'acide chlorhydrique de l'oxychlorure et l'acide complexe. Ayant d'autre part dosé par gravimétrie à l'aide du chlorure d'argent l'acide de l'oxychlorure, on a pu en déduire la quantité de soude correspondante, d'où par différence la quantité d'alcali nécessaire pour salifier le complexe.

La détermination de l'acide chlorhydrique de l'oxychlorure par titrage à la soude, avant l'addition de mannite, n'a pas été possible, l'hydrate de zirconium formé gênant l'observation du virage par adsorption de l'indicateur.

Le zirconium est dosé à l'état de ZrO^2, après précipitation par l'ammoniaque. Dans ces conditions, tout calcul fait, une molécule de soude correspond approximativement à cinq atomes de zirconium, ce qui rend vraisemblable une constitution $[Zr^{10}O^{21}(C^6H^{14}O^6)^n]^{--}H^{2+}$ (les exposants ne représentant ici qu'un ordre de grandeur).

Si l'on construit la courbe des variations du pouvoir rotatoire des solutions d'oxychlorure de zirconium, observées par addition de quantités croissantes de mannite en présence d'une quantité fixe de soude caustique, de façon à obtenir une réaction nettement alcaline, on constate que cette courbe présente une asymptote. Ces solutions alcalines présentent le phénomène de mutarotation, les rotations positives atteignent une valeur définitive après un mois environ. Le pouvoir rotatoire le plus élevé des solutions est obtenu pour deux molécules de mannite pour une d'oxychlorure, et ne change pas pour une proportion de mannite plus grande.

Les mêmes phénomènes peuvent être observés en présence d'autres corps à fonctions alcooliques multiples, glycérine, glucose etc., mais les résultats des titrages effectués dans ces conditions ne sont pas constants.

Acide mannito-ferrique. — Le fait que l'ion ferrique donne des complexes avec les acides alcools, acide tartrique, acide citrique, acide malique etc., et avec certains polyalcools, tels que la mannite et la glycérine, est déjà bien connu.

La combinaison complexe avec la glycérine a été étudiée par

H. W. Fischer (³) et P. Roma, F. Lipman (⁴). Traube et ses collaborateurs (⁵) ont isolé une série de complexes du fer et des composés organiques polyoxhydrilés à l'état de sels de baryum ou de calcium, à partir desquels ils auraient obtenu les sels alcalins correspondants, en particulier ceux de sodium.

On sait que, par addition successive de soude caustique à une solution mannito-ferrique, on observe près de la zone de neutralité, comme dans le cas similaire du zirconium, la précipitation de l'hydrate qui se redissout dans un excès de soude.

Employant le même mode opératoire que celui décrit dans le cas de zirconium, l'analyse nous a conduit à assigner, au complexe formé, la constitution probable $[Fe^{18}O^{29}(C^6H^{14}O^6)^n]^{-IV}H^{4+}$, où les exposants ne sont donnés qu'à titre indicatif.

Propriétés des complexes. — Les sels des acides mannito-zirconique et ferrique dialysent lentement à travers une membrane de cellophane. Par électrodialyse, ces deux complexes se dirigent vers l'anode et il se dépose un gel sur la paroi de cellophane.

La solution de mannito-zirconate de sodium, acidifiée par l'acide ClH, laisse précipiter à l'ébullition, après addition d'ammoniaque, de l'hydrate de zirconium. Dans les mêmes conditions, le complexe correspondant de fer ne se décompose pas. On ne peut le précipiter totalement qu'à l'ébullition par addition de carbonate de cuivre ou de carbonate ferreux. Ces faits semblent indiquer une dissimulation plus poussée du fer que du zirconium dans l'anion complexe.

Cette dissimulation du fer dans le complexe mannito-ferrique semble pouvoir être utilisée à sa séparation de certains autres éléments ne donnant pas de complexes avec les alcools polyvalents. Nous avons obtenu, en particulier, la séparation de l'indium et du fer, problème qui n'avait encore trouvé de solution satisfaisante.

(³) *Biochem. Z.*, **27**, 1910, p. 228.

(⁴) *Biochem. Z.*, **147**, 1924, p. 172.

(⁵) *Ber. d. chem. Ges.*, **65**, 1932, pp. 187 et 190; **66**, 1933, p. 1545; **68**, 1935, p. 1395; **69**, 1936, p. 2655.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le vieillissement des précipités de* NaCl. Note [1] de M. **Charles Racz**, présentée par M. Charles Mauguin.

J'ai signalé [2] que la présence des cristaux NaCl influence la cristalloluminescence de ce sel précipité par HCl. Des cristaux en grande quantité diminuent la luminescence, par contre un petit nombre de cristaux fraîchement précipités augmentent le nombre des photons émis. Pour distinguer ces deux effets antagonistes, j'ai été amené à étudier l'âge des cristaux précipités responsables de l'effet positif.

On ajoute successivement à un volume de 5^{cm^3} d'une solution HCl de concentration 10,15 N, des volumes égaux de $0^{cm^3},2$ d'une solution saturée de NaCl. L'intervalle de temps Δt entre deux additions successives est variable dans les différentes séries d'expériences, compris entre 3 et 120 minutes. On mesure, pour chaque addition i, la quantité de lumière émise S_i à l'aide d'un compteur à photons à CuI. Pour éviter toute hétérogénéité de concentration, les solutions sont fortement agitées entre chaque addition. On peut définir l'activité des cristaux présents par l'augmentation du nombre des photons émis, c'est-à-dire $S_i - S_1$, ou par l'augmentation relative $(S_i - S_1)/S_1$, quantité indépendante de la sensibilité du photocompteur.

L'expérience montre que l'activité des cristaux, ainsi définie, décroît quand Δt augmente. A la température ordinaire, pour Δt supérieur à une heure, on ne constate pratiquement plus d'accroissement de luminescence ($S_i = S_1$). Des mesures quantitatives permettent de construire des courbes représentant la variation de l'accroissement relatif de la quantité de lumière émise, en fonction de Δt, c'est-à-dire la variation de l'activité des cristaux avec le temps. Les courbes obtenues indiquent une décroissance exponentielle. En passant aux logarithmes, on obtient très sensiblement des droites

$$\text{Log}\,\frac{S_i - S_1}{S_1} = a - k\,\Delta t.$$

La pente de ces droites représente la constante de vitesse k de la décroissance de l'activité des cristaux. Elle dépend de la température, ainsi pour $t = 18^\circ\text{C.}$, $k = 0{,}85 \,.\, 10^{-3}\,\text{sec}^{-1}$ et pour $t = 40^\circ\text{C.}$, $k = 3{,}2 \,.\, 10^{-3}\,\text{sec}^{-1}$. La

(1) Séance du 29 décembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 604.

concentration de l'acide chlorhydrique joue également un rôle : la décroissance est plus faible en solution diluée.

En admettant que la constante de vitesse suit la loi d'Arrhenius, on peut calculer l'énergie d'activation du processus de vieillissement; on obtient une valeur de l'ordre de 11,5 *k*calories.

La précision des mesures quantitatives est assez faible, en raison de l'évaporation des solutions et aussi du fait de variations possibles de sensibilité des compteurs à photons au cours des expériences dont la durée atteint plusieurs heures.

Pour montrer que le vieillissement ne correspond pas à une couche d'adsorption formée sur la surface des cristaux, on a étudié (³) l'action des cristaux fraîchement clivés. Ces cristaux ne présentent aucune action activante sur la cristalloluminescence.

Ainsi ces expériences montrent que les cristaux fraîchement précipités sont encore le siège de transformations structurales superficielles longtemps après la précipitation. On peut émettre l'hypothèse que la cristalloluminescence est due à des dépôts d'ions sur la face de croissance des cristaux en des places singulières où l'énergie libérée est assez grande pour rendre compte de la valeur élevée de l'énergie des photons de l'ultraviolet moyen. La structure de la face en voie de croissance présentant de ces positions singulières doit correspondre à un potentiel thermodynamique plus élevé que les faces normales. Le cristal ne peut être en équilibre tant que cette structure particulière ne disparaît pas.

L'ensemble des phénomènes de cristalloluminescence peut être expliqué par l'hypothèse que le processus d'excitation correspond à la rencontre de deux germes à une dimension sur la lisière d'un plan réticulaire en voie de croissance. Dans cette hypothèse le rendement photogénique correspond à la probabilité de formation de deux germes à une dimension sur une même lisière et naturellement cette probabilité est très faible. L'action activante des cristaux fraîchement précipités serait due alors au fait que ces cristaux comportent des germes à une dimension non complètement développés. Lors d'une nouvelle sursaturation la rencontre excitatrice ne nécessite que la formation d'un seul germe sur ces lisières particulières, d'où un accroissement notable de luminescence. Le vieillissement du cristal serait dans ces hypothèses dû à la disparition des germes à une dimension qui ne couvre pas toute la longueur du plan réticulaire.

(³) Cette expérience a été suggérée par M. Wyart.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation des cristaux liquides par les surfaces frottées; étude théorique et conséquences.* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude expérimentale ([1]) de l'orientation des cristaux liquides par les surfaces frottées pose la question de la nature et de l'origine de cette action. Parmi toutes les hypothèses possibles, la plus simple est celle de la création d'un champ électrique, dirigé suivant la direction D du frottement; il serait dû à des doublets électriques que le frottement alignerait suivant cette direction. Les molécules de liquides nématiques s'orientent en effet dans le champ électrique, et toutes celles étudiées dans ce travail placent, en moyenne, leur direction d'allongement suivant la direction du champ; au contraire, les liquides smectiques ne s'orientent pas, ce qui interprète immédiatement leur insensibilité au frottement.

Quelle est l'origine des doublets? Ceux-ci peuvent être constitués par des impuretés, en particulier par des molécules de corps gras, ou par des couples d'ions appartenant aux solides frottés. Le frottement placerait ces doublets en files parallèles.

Les expériences faites permettent d'affirmer que la présence de molécules grasses n'empêche pas la production du phénomène (cas des lames non mouillables); lorsque les lames sont flambées ou nettoyées chimiquement, la mouillabilité reste très bonne même après le frottement; cependant l'épreuve, plus sensible, de la buée, donne une buée grise, dont les gouttelettes, en s'alignant, mettent la direction du frottement en évidence; les divers auteurs ayant étudié les figures de souffle admettent que ce phénomène est dû à la présence d'impuretés à la surface des corps : il faut donc conclure, avec eux, que le premier effet du frottement est de salir les lames; il n'a pas été possible d'obtenir des lames qui, après frottement, donneraient la buée noire, caractérisant une surface parfaitement propre. Il n'est donc pas possible d'affirmer que c'est par orientation de molécules de corps gras que le frottement agit sur les cristaux liquides; cependant cette hypothèse paraît la plus probable.

Dans cette hypothèse, un type nouveau de couche moléculaire aurait été mis en évidence; jusqu'ici les couches étudiées étaient constituées par des molécules dont le doublet électrique se place perpendiculairement aux

---

([1]) Pierre Chatelain, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 875.

surfaces, ici ces doublets seraient couchés et alignés par le frottement suivant la direction D. La plus ou moins grande perfection de cette action se traduit par la plus ou moins grande perfection des préparations de cristaux liquides faites entre lames frottées.

Il est en tout cas possible de conclure que l'orientation des corps à l'état nématique par les surfaces frottées est un phénomène très voisin du phénomène des figures de souffle étudié par Lord Rayleigh et Baker [2], ainsi que de tous les phénomènes mis en évidence depuis la découverte de la photographie par le procédé Daguerre [3].

Sur quelques conséquences de ce phénomène. — Si cette action est comparée à l'action des plages adhérentes étudiée par Lehmann et surtout par Mauguin [4], l'analogie des résultats obtenus est frappante; la question se pose de savoir si l'action des cristaux solides qui créent ces plages adhérentes n'est pas d'orienter mécaniquement lors de leur croissance des impuretés comme le fait le frottement. En faveur de cette hypothèse seraient les faits suivants : 1° les cristaux solides d'azoxyphénétol donnent par fusion des plages anisotropes dont les lignes neutres sont sans relation avec celles du cristal solide qui leur a donné naissance; 2° l'azoxyanisol ne donne de plages adhérentes que si les lames ne sont pas très propres (lames flambées rapidement), avec des surfaces très propres (lames nettoyées chimiquement) les molécules s'orientent normalement aux surfaces, même après une cristallisation; 3° une cristallisation de nitrate de sodium est faite entre deux lames, le nitrate est dissous et un liquide nématique est introduit à sa place; il arrive parfois que certaines plages reproduisent exactement les contours des cristaux de nitrate qui occupaient la même place.

Contre cette hypothèse, il faut signaler que 1° l'azoxyphénétol donne des plages adhérentes d'autant plus belles que les lames sont plus propres; 2° l'azoxyanisol donne des plages adhérentes dont les lignes neutres sont toujours celles du cristal solide qui leur a donné naissance.

Quoi qu'il en soit, ces deux modes d'action sont certainement très voisins. Avec l'azoxyanisol, grâce au fait signalé en dernier, j'ai pu faire une comparaison au moins qualitative entre ces deux actions : de l'azoxyanisol est introduit entre deux lames frottées suivant D, on le fait

---

(2) *Collected Scientific Papers*, 8; T. J. Baker, *Phil. Mag.*, 44, 1922, p. 752.
(3) Boisse, *Vision et reproduction des formes et des couleurs.*
(4) *Bull. Soc. franç. Min.*, 34, 1911, p. 3.

cristalliser; soit A l'angle d'extinction de la vibration lente de l'un des cristaux avec D; soit a l'angle d'extinction du cristal liquide provenant de la fusion du cristal précédent; si les lames n'avaient pas été frottées, a serait égal à A; pour des lames frottées et pour $A = 45°$, voici les valeurs moyennes de a :

	Frottées.	a.
Lames non mouillables	4 fois	35°
	10 »	29
	50 »	20
Lames flambées	4 »	12
	50 »	6

En plus de ces conséquences, il faut signaler l'importance pratique de ce phénomène; tous ceux qui ont travaillé la question des liquides nématiques ont toujours été gênés dans leurs mesures (constantes électriques ou magnétiques, indices) par l'ignorance dans laquelle ils se trouvaient de l'action exacte des parois; le frottement systématique de celles-ci leur apporte le moyen de la déterminer à l'avance.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Mécanisme de la précipitation dans les cristaux d'alliages aluminium-argent pendant le durcissement structural.* Note de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une solution solide d'argent dans l'aluminium, à 20 % d'argent, homogène au-dessous de 450° (phase δ), est sursaturée après trempe; elle subit un durcissement structural, le stade final étant la précipitation d'une phase γ de composition approchée Ag^2Al. A l'aide de la diffraction des rayons X par un monocristal soumis à des revenus à différentes températures, nous avons mis en évidence les modifications successives du cristal.

Un cristal, dans lequel les atomes ne sont pas répartis de façon rigoureusement périodique, diffracte les rayons X en dehors des directions de réflexion classiques : l'espace réciproque du cristal comporte, outre les nœuds du réseau réciproque du cristal parfait, des zones de diffusion. Une série de diagrammes pour différentes positions du cristal fait connaître la distribution de ces zones, et, théoriquement, par une transformation de Fourier, on peut en déduire la répartition des centres diffractants dans le cristal. En général, ces diffusions sont d'intensité faible (de l'ordre du millième de l'intensité des réflexions régulières); aussi est-il nécessaire

de faire les diagrammes avec un monocristal immobile et un rayonnement strictement monochromatique ([1]).

1° A 540°, le diagramme est analogue à celui d'un cristal d'aluminium pur à la même température. Il existe, autour des nœuds du réseau réciproque et le long de certains axes, des zones de diffusion, qui sont l'effet de l'agitation thermique des atomes (Laval, *Bull. Soc. franc. Minéralogie*, 62, 1939).

2° Le cristal est brusquement ramené à la température ordinaire. Dans le diagramme fait immédiatement après trempe (2 heures de pose), on constate les faits suivants : *a*. autour de chaque nœud du réseau réciproque et, en particulier, autour du centre du diagramme, il existe une petite zone de diffusion de forme sphérique dans laquelle l'intensité croît à partir du centre, passe par un maximum, et décroît rapidement. On obtient autour du faisceau direct un anneau assez flou de très petit rayon (1°,3 pour la raie CuKα); *b*. des zones de diffusion floues et d'intensité faible entourent les rangées parallèles aux quatre diagonales du cube du réseau réciproque. Au cours du vieillissement de l'alliage à la température ordinaire, comme à 100°, ces phénomènes deviennent plus intenses, mais l'aspect général du diagramme varie peu; *c*. après quelques heures de chauffe à 100°, une troisième anomalie de diffusion apparaît : entre deux nœuds consécutifs du réseau réciproque situés sur une rangée parallèle à une des arêtes du cube, il y a deux zones de diffusion en forme de disque de faible épaisseur ayant la rangée comme axe et *situées respectivement au tiers et aux deux tiers de la distance entre les deux nœuds*. Le phénomène est surtout perceptible vers le centre du diagramme; il existe aussi, mais plus faible, sur les diagonales des faces du cube.

3° Au cours du revenu à 150°, la diffusion centrale diminue pour ne plus devenir perceptible après 24 heures. Les zones de diffusion le long des axes 111 se précisent et deviennent plus intenses. Au lieu d'être répartie sur tout l'axe, la diffusion se concentre sur certains segments; puis, au bout de quelques heures, des taches intenses apparaissent sur ces axes : ce sont les nœuds du réseau réciproque de la phase précipitée. Celle-ci comprend quatre systèmes de cristaux (système hexagonal compact), dont les plans de base sont respectivement parallèles aux quatre plans 111 du cristal. Les taches floues sur les axes 100, visibles à 100°, ont disparu.

4° A plus haute température, 200° ou 250°, les taches du précipité ont

---

([1]) Guinier, *Thèse* (*Ann. de Phys.*, 12, 1939, p. 161).

une intensité croissante et la diffusion le long des axes 111 décroît. On tend vers le diagramme normal de l'ensemble du cristal δ et des cristaux γ.

5° A 450°, le précipité se dissout et l'on retrouve le diagramme de la solution solide homogène.

Ces faits peuvent s'interpréter de la façon suivante : immédiatement après trempe, la solution solide devient hétérogène, les atomes d'argent se concentrent en noyaux de petites dimensions, mais la présence d'un anneau dans la diffusion centrale prouve qu'il existe une certaine périodicité dans la répartition de ces noyaux dans le cristal : la distance moyenne entre deux noyaux voisins serait, dans l'alliage étudié, de 60 Å. La composition de ces noyaux doit tendre vers celle de la phase γ : deux atomes d'argent pour un d'aluminium. Les taches floues et étendues (*c*), correspondant à une période triple de celle du réseau de cristal δ, montrent que, dans les noyaux, les atomes d'argent et d'aluminium sont partiellement ordonnés, une surstructure cohérente n'existant que dans un domaine très étroit. Enfin, dans ces noyaux, où la concentration d'atomes d'argent est anormalement grande, le réseau cubique se transforme en un réseau hexagonal plus stable (phase γ). Nos observations confirment les hypothèses de Mehl et Barrett ([2]) sur le mécanisme de cette transformation : les plans 111 glissent les uns sur les autres. Mais, au début, ces translations ne sont pas régulièrement ordonnées ; les ondes diffractées par les plans successifs 111 ne se détruisent plus complètement par interférence, et les spectres de diffraction des réseaux plans 111 apparaissent [zones de diffusion (*b*)]. Progressivement les translations des plans 111 s'ordonnent et le spectre de diffraction de la phase cristalline γ apparaît d'une manière absolument continue.

Le mécanisme de la précipitation n'est pas le même dans le cas des alliages Al-Ag que dans le cas des alliages Al-Cu ([1]) : les atomes d'argent ne se séparent pas en amas plans comme les atomes de cuivre, mais ils ont tendance à s'ordonner avec une certaine proportion d'atomes d'aluminium. D'autre part, il ne se produit pas, comme dans les alliages Al-Cu, de phase cristalline différente de la phase finale précipitée. Nous étions arrivés à la même conclusion pour les alliages Al-Mg ([3]).

Parmi les anomalies que présentent les diagrammes d'alliages Al-Ag, la

---

([2]) *Am. Inst. of Min. and Met. Eng.* (*Techn. Publ.* n° 353, 1930).

([3]) Calvet, Guinier, Jacquet et Silberstein, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1903; *Métaux et Corrosion*, 171, 1939, p. 139.

diffusion centrale et les figures de diffraction du réseau plan ont déjà été signalées. Un fait nouveau est apparu : des zones de diffusion provenant d'un commencement d'ordre dans la solution solide. On pourra donc probablement, à l'aide des diagrammes de diffusion de monocristaux, préciser la notion d'ordre à petite distance et en donner des évaluations quantitatives.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la valeur alimentaire des protéides de la graine d'Arachide* (Arachis hypogæa *L.*); *Existence de d(-) thréonine (acide α-amino-β-hydroxy-n-butyrique) dans ces protéides.* Note de MM. **Michel Machebœuf** et **Francis Tayeau**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le tourteau d'Arachide, sous-produit de la fabrication de l'huile, est utilisé comme aliment pour le bétail. La recherche d'aliments protéidiques de complément nous a incités, dès mai 1940, à étudier son utilisation alimentaire par l'homme. Le tourteau de presse a une saveur désagréable et les lipides qu'il retient en quantité assez notable rancissent. La farine obtenue en extrayant l'huile par un solvant (éther de pétrole, trichloréthylène) est meilleure et ne rancit pas. Sur notre conseil, elle est aujourd'hui utilisée sous diverses formes comme aliment de complément.

Nous avons étudié ([1]) ses protéides, qui en sont l'élément nutritif principal (55 % environ). Un travail récent de Baernstein ([2]) conduit aux conclusions suivantes : Le protéide le plus abondant, l'*arachine*, est légèrement déficient pour la croissance du Rat, par suite de ses teneurs faibles en tryptophane, en méthionine et en un autre aminoacide non déterminé. L'autre protéide, la *conarachine*, est, au contraire, remarquablement apte à assurer la croissance; il suffit même à compléter l'arachine, car le mélange, en proportions identiques à celles rencontrées dans la graine, assure une bonne croissance. Lorsque Baernstein effectua ce travail, il ne pouvait pas étudier la teneur des protéides en thréonine que venait de découvrir Rose ([3]) et dont on sait maintenant l'importance. Nous nous sommes demandé si l'insuffisance de l'arachine n'était pas due à une insuffisance en thréonine.

([1]) Avec la collaboration constante de Charlotte Reiss.
([2]) H. Baernstein, *J. of biol. Chem.*, 122, 1937-38, p. 781.
([3]) *Physiol. Review*, 18, 1938, p. 109.

Deux méthodes ont été proposées pour le dosage de la thréonine ([4]); nous avons, après essais, préféré celle de Block et Bolling ([5]). Le mélange d'aminoacides, obtenu par hydrolyse des protéides au moyen d'acide sulfurique dilué, est débarrassé de l'acide sulfurique par de l'acétate de baryum, puis déshydraté et repris par de l'acide acétique. On traite la solution par du tétracétate de plomb qui oxyde la thréonine en donnant de l'acétaldéhyde que l'on entraîne par un courant d'air en tiédissant (+ 30°C.). Le courant gazeux, débarrassé des vapeurs acides par de la soude en poudre, est amené dans un tube refroidi à 0° où se trouve un réactif constitué par une goutte d'eau et 25^{mg} de paraoxydiphényle pour 3$^{cm^3}$ d'acide sulfurique. Il se développe une teinte (bleu violacé) qui est fonction de l'ensemble thréonine + alanine; son intensité permet de calculer la teneur en thréonine si l'on connaît celle en alanine. La teinte due à l'alanine est, à poids égaux, vingt fois moins intense que celle due à la thréonine; le dosage par différence est donc précis. Comme étalon nous avons pris la caséine, qui contient 3,5 % de thréonine et 1,8 % d'alanine. L'arachine contient 4,1 % d'alanine. Voici nos résultats : le mélange d'arachine et de conarachine, extrait de la farine, contient 5,5 % de thréonine. L'arachine purifiée en contient seulement 2,9 %. Comme la graine contient 2,5 fois plus d'arachine que de conarachine (environ), on doit admettre pour la conarachine une teneur en thréonine très élevée (de l'ordre de 12 %).

Si l'on cherche dans la littérature ([6]) les teneurs de ces protéides en tous les aminoacides, on peut dresser un tableau où il ne manque plus maintenant que les chiffres pour l'*isoleucine*. Il est possible de tirer à ce sujet des conclusions de certaines recherches : 1° D'après Baernstein ([2]), la conarachine suffit à assurer la croissance du Rat; on peut donc conclure qu'elle contient suffisamment d'isoleucine qui est indispensable. 2° L'arachine additionnée seulement de tryptophane et de méthionine suffit à assurer la vie de jeunes Rats ([7]), mais la croissance est moitié moins rapide que la croissance optimale ([2]). Il existe donc encore une déficience; la faible teneur en thréonine que nous avons constatée peut

---

([4]) Higasi, Mayeda et Matsuoka, *Inst. phys. chem. Res. Tokyo*, **95**, 1937, p. 170.

([5]) R. Block et D. Bolling, *J. of biol. Chem.*, **130**, 1939, p. 365.

([6]) D. Johns et C. Jones, *J. of biol. Chem.*, **28**, 1916, p. 77; **30**, 1917, p. 33 et 36, 1918, p. 431; C. Jones, C. Gersdorff et O. Moeller, *J. of biol. Chem.*, **62**, 1924, p. 183; H. Baernstein, *J. of biol. Chem.*, **119**, 1937, proc. VIII.

([7]) E. Beach et A. White, *J. of biol. Chem.*, **119**. 1937, proc. VIII.

expliquer, en partie au moins, cette déficience, mais il se peut également qu'une faible teneur en isoleucine intervienne. Cependant on peut avancer qu'il existe de l'isoleucine dans l'arachine, sinon les Rats auraient dépéri.

En résumé, les protéides de l'Arachide contiennent tous les aminoacides indispensables et la conarachine les contient tous à doses suffisantes; l'arachine est pauvre en tryptophane, en méthionine, en thréonine et, peut-être, en isoleucine, mais le mélange des deux protéides, tel qu'il existe dans le tourteau, est suffisamment riche en tous les aminoacides indispensables pour être un bon aliment protéidique pour le Rat. Comme on savait que la digestibilité de ces protéides était bonne ([8]), il ne restait plus à démontrer que l'absence de toxicité de la farine déshuilée aux solvants (le tourteau de presse est indigeste et présente même parfois une légère toxicité). Nous avons essayé cet aliment longuement sur nous-mêmes, puis sur des pensionnaires d'asile (30^{g} par jour pendant deux mois). Ces essais ont révélé qu'aux doses dont on peut envisager la consommation, la farine déshuilée est dénuée de toxicité et se montre capable de complémenter très favorablement un régime pauvre en viande (arrêt de l'amaigrissement, reprise de poids etc). Il serait bon de diffuser son utilisation dans les périodes de fin d'hiver où la pénurie alimentaire se fait le plus sentir.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Enrichissement du lait de la Femme en vitamine P. P. après ingestion de nicotinamide.* Note de MM. **André Lwoff**, **Louis Digonnet** et **Hisatake Dusi**, présentée par M. Émile Roubaud.

La nicotinamide du lait provenant de la vitamine apportée par les aliments, la question se pose de savoir dans quelle mesure le lait peut être enrichi par absorption de vitamine et dans quelle mesure aussi le nourrisson bénéficiera du supplément de vitamine P. P.

Six femmes ont absorbé en 48 heures 600^{mg} de vitamine P. P., sous forme de comprimés de *Nicobion* (Lematte et Boinot), soit 50^{mg} à 10^{h}, 16^{h} et 22^{h}, et 75^{mg} à 6^{h} et 8^{h}, pendant deux jours. Une prise de lait a été effectuée le second jour, soit 48 heures après la première ingestion; une autre 48 heures après la dernière absorption de vitamine.

Deux autres femmes ont absorbé en une fois 20 comprimés de Nicobion, soit 1^{g} de nicotinamide, et le prélèvement de lait a été effectué 24 heures après.

([8]) H. Mitchell, W. Burroughs et J. Beadles, *J. Nutrition*, 11, 1936, p. 257.

Influence de l'administration de vitamines P. P. sur la nicotinamide du lait de femme.

(En milligrammes pour 100$^{cm^3}$.)

Avant l'expérience.	Après ingestion de 600^{mg} de nicotinamide en 48 heures ([b]).	48 heures après la dernière prise.
0,079	0,156	0,243
0,061	0,180	0,226
	0,105	0,142
0,065	0,134	
0,073	0,124	
0,071	0,230	
	24 heures après l'ingestion en une seule fois de 1^g de nicotinamide.	
0,077	0,215	
0,084	0,224	

([b]) Les sujets ont absorbé pendant 2 jours 300^{mg} de nicotinamide par 24 heures, soit 50^{mg} à 10^h, 16^h, 22^h, et 75^{mg} à 6^h et à 8^h. La prise de lait a été effectuée le second jour à 10^h, soit 48 heures après le début du traitement.

Les dosages ont été pratiqués au moyen du test *Proteus* suivant la technique précédemment décrite. L'examen du tableau ci-dessus montre que sous l'influence du traitement, le lait a été considérablement enrichi en vitamine P.P., passant de 0^{mg},07 environ à 0,21-0^{mg},24, soit un enrichissement de plus de 200 %. On voit aussi que, dans la première expérience, 48^h après la dernière prise, le lait possédait encore une valeur très élevée, constatation en accord avec les données relatives à la fixation de la nicotinamide dans les tissus et à sa faible vitesse d'élimination par l'urine ([1]).

Nos expériences montrent donc qu'il est possible d'augmenter dans des proportions considérables la teneur du lait de la Femme en vitamine P.P. à la suite de l'ingestion de nicotinamide. Dans une certaine mesure la teneur du lait en vitamine P.P. doit donc dépendre de l'apport vitaminique du régime alimentaire.

La séance est levée à 15^{h}35^m.

A. Lx.

([1]) Melnick, Robinson et Field, *J. Biol. Chem.*, 136, 1940, p. 145; Justin-Besançon Lwoff, *Bull. Soc. Méd. Hôp. Paris*, 57, 1941, p. 687.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JANVIER 1942

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Ernest Esclangon** dépose sur le bureau de l'Académie l'*Annuaire pour l'an* 1942, *publié par le Bureau des Longitudes.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Répartition du bore dans les diverses parties de la graine.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Les derniers résultats que nous avons publiés sur la phytochimie du bore ont montré que la présence du métalloïde dans les graines peut être considérée comme générale, qu'il y en a dans ces organes des quantités comprises entre 7 et 21^{mg} par kilogramme de matière sèche (¹).

Nous avons cherché si le bore est contenu uniformément dans les diverses parties de la graine ou s'il y présente une répartition particulière, en rapport, par exemple, avec son rôle physiologique.

Comme, dans une telle recherche, les quantités de métalloïde à doser sont très minimes et que les dimensions des graines et, à plus forte raison, celles de leurs parties constituantes sont en général réduites, il n'était possible, pour constituer des prises d'essais suffisant aux analyses sans avoir à se livrer à un travail de dissection trop laborieux, de n'opérer que sur des graines assez grosses. Il fallait, de plus, choisir celles-ci de telle sorte qu'elles ne renferment pas des parties trop adhérentes l'une à l'autre, comme il arrive souvent entre le tégument et l'amande lorsqu'on n'opère

---

(¹) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 221.

pas sur des graines fraîches. En opérant alors sur un nombre de graines plus ou moins élevé, selon leur grosseur, on arrive à séparer des poids suffisants de chacune des parties pour doser le bore, même dans le germe, grâce à l'extrême sensibilité de la méthode microcolorimétrique dont nous nous sommes servis dans cette recherche, comme dans les précédentes.

Nous avons examiné d'abord les graines de Cacao et d'Éséré, la Fève commune et la Fève Tonka. Ces quatre graines sont constituées par un tégument assez facilement séparable et par une amande simple, formée par un embryon muni de deux cotylédons. Après séparation au scalpel, les parties constituantes ont été séchées à +100° dans une étuve électrique, puis la totalité ou une portion de chacune d'elles a été analysée. Nous avons obtenu les résultats suivants ([2]), tous les chiffres étant rapportés aux poids de matières séchées :

	Cacao (Theobroma cacao *L.*).			*Éséré* (Phytostygma venenosum *Balf.*).		
	Tégument.	Cotylédons.	Germe.	Tégument.	Cotylédons.	Germe.
Prises d'essai (en g).	0,95	0,81	0,86 (*)	0,84	1,01	0,39 (**)
Bore trouvé (en mg).	0,0075	0,00625	0,01	0,01	0,00875	0,005
Bore par kg (»).	7,9	7,7	11,6	11,9	8,7	12,8

(*) Provenant de 85 graines. (**) Provenant de 100 graines.

	Fève (Faba vulgaris *Mœnch.*).			*Fève Tonka* (Coumarouna odorata *Aub.*).		
	Tégument.	Cotylédons.	Germe.	Tégument.	Cotylédons.	Germe.
Prises d'essai (en g).	0,70	0,70	0,70 (*)	0,97	0,98	1,00 (**)
Bore trouvé (en mg).	0,01	0,0075	0,00875	0,01	0,00875	0,01
Bore par kg (»).	14,3	10,7	12,5	10,3	8,9	10,0

(*) Provenant de 60 graines. (**) Provenant de 45 graines.

Nous avons étudié ensuite le Marron d'Inde, dans lequel le germe, conique, recourbé en bec dans sa partie radiculaire, aplati et élargi, presque lamellaire dans celle qui s'attache aux cotylédons, est d'assez grandes dimensions, ce qui nous a permis d'en analyser séparément les deux parties. Nous avons alors trouvé :

([2]) Avec d'autres qui seront donnés dans le Mémoire d'où la Note présentée a été extraite.

Marron d'Inde (Æsculus hippocastanum *L.*).

	Tégument.	Cotylédons.	Germe (*) partie con.	partie lam.	entier.
Prises d'essai (en g).	1,00	0,90	0,64	0,71	–
Bore trouvé (en mg).	0,0075	0,010	0,0075	0,010	–
Bore par kg (»).	7,5	11,1	11,7	14,1	13,2

(*) Provenant de 25 graines.

Nous avons examiné aussi la Noix du Para, dans laquelle l'amande est formée exclusivement par le germe, sans cotylédon ni albumen. Ce germe est très développé (il peut normalement peser plus de 10g) et paraît formé, à l'œil nu, d'une masse homogène, sans distinction en radicule, tigelle et gemmule. Après l'avoir débarrassé de la couche tégumentaire mince qui y adhère, nous l'avons sectionné arbitrairement en trois parties : les deux extrémités que nous appellerons, d'après leur situation dans la graine, extrémité radiculaire et extrémité gemmulaire, ayant chacune environ le dixième du volume total, et la masse centrale, appartenant tout entière à la tigelle, du volume des quatre cinquièmes restants. Les diverses parties de cette amande ont donné à l'analyse, les chiffres étant toujours rapportés à la matière séchée à 100° :

Noix du Para (Bertholletia excelsa *Humb., Bomp. et Kunth*).

	Tégument.	Extr. radic.	Part. cent.	Extr. gemm.
Prises d'essai (en g).....	0,85	1,42	0,98	1,20
Bore trouvé (en mg).....	0,00875	0,0125	0,010	0,0125
Bore par kg (»).....	10,3	8,8	10,2	10,4

Les résultats de ces diverses analyses prouvent que le bore est répandu dans toutes les parties de la graine, mais pas d'une manière uniforme.

Une première différence apparaît entre le tégument et l'amande : sauf dans la graine du Marronnier d'Inde, où le tégument est très épais, il semble que, cette partie de la graine renferme, en général, une proportion de bore plus élevée que l'amande. Il n'est pas impossible que le tégument ait un autre rôle que celui de protéger l'embryon végétal qu'il enveloppe, qu'il intervienne d'une manière plus active, par exemple, au moment de la germination.

Dans ses recherches sur la localisation des principes actifs des Crucifères, Léon Guignard a reconnu autrefois (*Journ. de Botanique*, 1870) que le ferment soluble appelé *myrosine* est localisé en d'autres cellules des

cotylédons de la Moutarde noire que le myronate de potassium; qu'une telle séparation du ferment et de l'hétéroside se retrouve dans les graines de Radis, de Giroflée, de Cardamine et de beaucoup d'autres plantes de la famille des Crucifères; mais que, dans le cas de la Lunaire ou Monnaie du Pape et de quelques autres plantes de la même famille, l'hétéroside se trouvant toujours dans l'amande, la myrosine est localisée presque tout entière dans le tégument de la graine.

Cette observation remarquable nous a donné l'idée de doser le bore comparativement dans le tégument et dans l'amande de la Lunaire. Suivant un artifice indiqué par Guignard, nous avons mis les graines à gonfler entre des feuilles de papier à filtre mouillé jusqu'à ce qu'il soit devenu possible de séparer les deux parties à analyser à l'aide d'un scalpel. Nous avons trouvé, en opérant sur 235 graines qui ont fourni, après dessiccation à 100°, $0^{g},92$ de téguments et $3^{g},85$ d'amandes :

Lunaire (Lunaria biennis *L.*).

	Téguments.	Amandes.
Prises d'essai (en g)...............	0,92	0,97
Bore trouvé (en mg)...............	0,0125	0,01
Bore par kg (»)...............	13,6	10,3

résultats qui sont en accord avec la règle de répartition du bore signalée plus haut.

On est fondé à supposer qu'au moment de la germination, le bore, présent dans le tégument sous forme d'acide borique ou de borate soluble, pénètre dans l'embryon, comme le fait la myrosine de la Lunaire, et favorise, par modification du pH ou autrement, les conditions de son activité cellulaire.

Une autre différence porte sur la répartition du bore dans les diverses parties de l'amande : d'une façon générale, c'est dans le germe, c'est-à-dire dans la partie de l'amande qui donnera naissance à la plantule, que la proportion du métalloïde est la plus élevée. Il semble même, d'après les dosages effectués dans les germes de Marron d'Inde et de Noix du Para, qu'il y ait davantage de bore aux extrémités, notamment du côté de la gemmule, que dans la partie centrale ou tigelle.

Nous avions reconnu, au cours de nos recherches sur la répartition du bore dans les organes des végétaux, que ce métalloïde existe en plus grande proportion dans les parties les plus jeunes et les plus actives, en particulier

dans la portion terminale de la tige ([1]). Il est intéressant de constater, en se plaçant au point de vue du rôle joué par le bore dans le développement des plantes, que la localisation relative d'abord observée dans les individus en période de croissance se retrouve déjà nettement indiquée dans l'état embryonnaire de la graine.

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures :

1° *Étude des étalons en quartz témoins de l'unité métrique internationale. Valeurs, dilatibilités, indices* par Albert Pérard.

2° *Première vérification périodique des mètres prototypes nationaux et détermination de quelques nouveaux prototypes* par Albert Pérard, Louis Maudet et Charles Volet.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'État a l'Éducation nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des deux Chaires de *Chimie organique* et de *Physique générale et expérimentale* déclarées vacantes au Collège de France.

(Renvoi, pour la première de ces Chaires, à la Section de Chimie; pour la 2e à la Section de Physique générale, à laquelle sont adjoints MM. E. Esclangon, Ch. Maurain et Ch. Mauguin.)

M. **Émile Mathias**, Correspondant pour la Section de Physique générale; M. **Hector Pécheux** adressent l'expression de leurs sentiments de condoléances à l'occasion du décès de M. *É. Picard*.

M. **M. Caullery**, Membre de l'Académie; Mlle **Simonne Caillère**, M. **Marc de Larambergue**; l'**École Polytechnique**, la **Société nationale d'Acclimatation** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches ou leurs bibliothèques.

MM. **Jean Bablet**, **Édouard Callandreau**, **Charles Crépin**, **Constantin Dawydoff**, **Roger Desaint**, **Bernard Gèze**, **Roger Heim**, **Chactas Hulin**,

---

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 796; 209, 1939, p. 136 et p. 270; 210, 1940, p. 70; 211, 1940, p. 624.

Louis Justin-Besançon, M. et Mme **Henri Labrouste**, M. **Michel Rousselin**, M. et Mme **Jacques Tréfouël**, MM. **Paul Vincensini**, **Robert Winter** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la correspondance :

Jean-A. Reboul. *Semi-conducteurs et électrophysiologie.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur un procédé de définition de courbes ayant un nombre élevé de rebroussements.* Note de M. **Roger Apéry**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons entre les points M(X, Y, Z) et M′(X′, Y′, Z′) la transformation T définie par les équations

$$X = f(X', Y', Z') \qquad Y = g(X', Y', Z') \qquad Z = h(X', Y', Z'),$$

f, g et h étant des polynomes homogènes de degré m n'ayant pas de solution commune.

Cette transformation, sans éléments fondamentaux, change toute courbe C d'ordre h en une courbe C′ d'ordre mh, tout point de C non situé sur la courbe de diramation Δ en un système de m^2 points de même nature et notamment tout rebroussement en m^2 rebroussements. De plus, T change tout point de contact de C et Δ en un point double et tout point d'osculation de C et Δ en un rebroussement situé sur la jacobienne du réseau $f + \lambda g + \mu h = 0$.

Si C est une courbe d'ordre h à ρ rebroussements, k fois tangente à Δ, C′ est une courbe d'ordre $n = mh$ à $r = m^2\rho + k$ rebroussements. On voit notamment que r/n^2 est supérieur à ρ/h^2. D'après les formules de Plücker $r/n^2 < 1/3$. L'ensemble des nombres r/n^2 a donc une borne supérieure a pour l'ensemble des courbes algébriques, et cette borne n'est jamais atteinte.

En prenant pour C la sextique à 9 rebroussements, on voit que $a > 1/4$.

Dans le cas où $m = 2$, la courbe de diramation Δ est une courbe de troisième classe qui peut être choisie arbitrairement; on peut donc s'arranger pour qu'elle soit trois fois osculatrice à une courbe de troisième classe générale (sextique à 9 rebroussements) ou à une courbe de troisième classe à tangente double (quartique à 3 rebroussements).

Le premier cas fournit des courbes du 12[e] degré à 39 rebroussements, le deuxième cas, des courbes du 8[e] degré à 15 rebroussements. Pour le 8[e] degré, on voit donc que le nombre maximum de rebroussements possibles est 15, puisque Zarisky a montré l'impossibilité de l'existence de courbes du 8[e] degré à 16 rebroussements ([1]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation généralisée de la chaleur dans le cas d'une sphère.* Note ([1]) de M. **Vladimir A. Kostitzin**, présentée par M. Paul Montel.

1. Après avoir étudié ([2]) l'équation de la chaleur dans le cas d'une sphère en imposant à la solution des conditions initiales et superficielles spéciales, je vais étudier, dans les mêmes hypothèses, l'équation plus générale

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial u}{\partial r}+\frac{1}{r^2\sin^2\varphi}\frac{\partial^2 u}{\partial \psi^2}+\frac{1}{r^2\sin\varphi}\frac{\partial}{\partial\varphi}\left(\sin\varphi\frac{\partial u}{\partial\varphi}\right)=\mathrm{L}(r)\frac{\partial u}{\partial t}. \tag{1}$$

La fonction $\mathrm{L}(r)$ est supposée continue, bornée et ne s'annulant nulle part. La température $u(r, \varphi, \psi, t)$ vérifie les conditions

$$\mathrm{E}u(\mathrm{R}, \varphi, \psi, t)=\mathrm{R}\left|^{r=\mathrm{R}}\frac{\partial u(r, \varphi, \psi, t)}{\partial r}\right.+\Psi(\varphi, \psi, t), \tag{2}$$

$$u(r, \varphi, \psi, 0)=\omega(r, \varphi, \psi). \tag{3}$$

En supposant les fonctions u, Ψ, ω développables en séries de fonctions sphériques $\mathrm{S}_{nk}(\varphi, \psi)$ et en désignant respectivement par $u_{nk}(r, t)$, $\Psi_{nk}(t)$, $\omega_{nk}(r)$ les coefficients de ces développements, on trouve, pour la fonction $u_{nk}(r, t)$, l'équation différentielle et les conditions

$$\frac{\partial^2 u_{nk}}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial u_{nk}}{\partial r}-\frac{n(n+1)}{r^2}u_{nk}=\mathrm{L}(r)\frac{\partial u_{nk}}{\partial t}, \tag{4}$$

$$u_{nk}(r, 0)=\omega_{nk}(r), \tag{5}$$

$$\mathrm{E}u_{nk}(\mathrm{R}, t)=\mathrm{R}\frac{\partial u_{nk}(\mathrm{R}, t)}{\partial \mathrm{R}}+\Psi_{nk}(t). \tag{6}$$

([1]) *American Journal of Math.*, 53, 1931, p. 309.

([1]) Séance du 5 janvier 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 972.

2. Soit $M_n(\lambda, r)$ une fonction vérifiant l'équation différentielle

$$M''_n + \frac{2(n+1)}{r} M'_n + \lambda L(r) M_n = 0 \tag{7}$$

et les conditions limites

$$M_n(\lambda, 0) = 1, \qquad \left|^{r=0} \frac{\partial M_n(\lambda, r)}{\partial r} = 0. \right. \tag{8}$$

Posons d'autre part

$$\left\{ \begin{aligned} & N_n(\lambda, r) = \frac{\partial M_n(\lambda, r)}{\partial \lambda}, \qquad F_n(\lambda, r) = (E-n) M_n(\lambda, r) - r \frac{\partial M_n(\lambda, r)}{\partial r}, \\ & A_n(\lambda, r) = \int_0^r s^{2n+2} M_n^2(\lambda, s) L(s)\, ds. \end{aligned} \right. \tag{9}$$

On peut montrer sans peine que ces fonctions sont liées par une relation importante

$$r^{2n+1} M_n \frac{\partial F_n}{\partial \lambda} = r^{2n+1} N_n F_n + A_n. \tag{10}$$

Soient, d'autre part, λ_{nh} les racines de l'équation caractéristique

$$F_n(\lambda, R) \equiv (E-n) M_n(\lambda, R) - R \left|^{r=R} \frac{\partial M_n(\lambda, r)}{\partial r} = 0. \right. \tag{11}$$

Les fonctions $M_n(\lambda_{nh}, r)$ forment un système orthogonal complet et l'on a

$$\left\{ \begin{aligned} & \int_0^R L(s) s^{2n+2} M_n(\lambda_{nh}, s) M_n(\lambda_{nk}, s)\, ds = 0 \qquad (h \neq k), \\ & \int_0^R L(s) s^{2n+2} M_n^2(\lambda_{nh}, s)\, ds = A_n(\lambda_{nh}, R) = R^{2n+1} M_n(\lambda_{nh}, R) \left|^{\lambda=\lambda_{nh}} \frac{\partial F_n(\lambda, R)}{\partial \lambda}. \right. \end{aligned} \right. \tag{12}$$

3. Supposons maintenant les fonctions $u_{nk}(r, t)$, $\omega_{nk}(r)$ développables en séries

$$\left\{ \begin{aligned} u_{nk}(r, t) &= r^n \sum_h U_{nk}^{(h)}(t) M_n(\lambda_{nh}, r), \\ \omega_{nk}(r) &= r^n \sum_h \Omega_{nk}^{(h)} \quad M_n(\lambda_{nh}, r), \end{aligned} \right. \tag{13}$$

avec les coefficients

$$\left\{ \begin{aligned} U_{nk}^{(h)}(t) A_n(\lambda_{nh}, R) &= \int_0^R r^{n+2} u_{nk}(r, t) M_n(\lambda_{nh}, r) L(r)\, dr, \\ \Omega_{nk}^{(h)} \quad A_n(\lambda_{nh}, R) &= \int_0^R r^{n+2} \omega_{nk}(r) \quad M_n(\lambda_{nh}, r) L(r)\, dr. \end{aligned} \right. \tag{14}$$

En multipliant l'équation (4) par $r^{n+2}\,\mathrm{M}_n(\lambda_{nh}, r)\,dr$, en intégrant de o à R et en tenant compte de (8), on trouve

$$(15)\qquad \frac{d}{dt}\mathrm{U}_{nk}^{(h)}(t)+\lambda_{nh}\mathrm{U}_{nk}^{(h)}(t)=-\frac{\mathrm{R}^{n+1}\,\mathrm{M}_n(\lambda_{nh},\mathrm{R})\,\Psi_{nk}(t)}{\mathrm{A}_n(\lambda_{nh},\mathrm{R})}.$$

Il en résulte, en tenant compte de (14_2),

$$(16)\qquad \mathrm{U}_{nk}^{(h)}(t)\,\mathrm{A}_n(\lambda_{nh},\mathrm{R})=e^{-\lambda_{nh}t}\int_0^{\mathrm{R}} z^{n+2}\,\omega_{nk}(z)\,\mathrm{M}_n(\lambda_{nh}, z)\,\mathrm{L}(z)\,dz - \mathrm{R}^{n+1}\,\mathrm{M}_n(\lambda_{nh},\mathrm{R})\int_0^t \Psi_{nk}(s)\,e^{-\lambda_{nh}(t-s)}\,ds.$$

La relation (16) résout le problème. On peut donner à la solution une forme plus compacte en introduisant les fonctions

$$(17)\qquad \begin{cases} \mathrm{G}_n(r, z, t)=\displaystyle\sum_h \frac{r^n z^{n+2}\,\mathrm{M}_n(\lambda_{nh}, r)\,\mathrm{M}_n(\lambda_{nh}, z)\,e^{-\lambda_{nh}t}}{\mathrm{A}_n(\lambda_{nh},\mathrm{R})}, \\ \mathrm{M}(\varphi,\psi,\varphi',\psi', r, z, t)=\displaystyle\frac{1}{4\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(2n+1)\,\mathrm{G}_n(r, z, t)\,\mathrm{P}_n(\cos\gamma), \end{cases}$$

avec

$$(18)\qquad \cos\gamma=\cos\varphi\cos\varphi'+\sin\varphi\sin\varphi'\cos(\psi-\psi'),$$

et l'on obtient la solution générale

$$(19)\qquad u(r,\varphi,\psi,t)=\int_0^{\mathrm{R}}\mathrm{L}(z)\,dz\iint\Omega(z,\varphi',\psi')\,\mathrm{M}(\varphi,\psi,\varphi',\psi', r, z, t)\,d\sigma' - \frac{1}{\mathrm{R}}\int_0^t dt\iint\Psi(\varphi',\psi', s)\,\mathrm{M}(\varphi,\psi,\varphi',\psi', r,\mathrm{R}, t-s)\,d\sigma',$$

$d\sigma'$ étant l'élément de surface de la sphère-unité. On peut représenter la fonction G_n sous la forme d'une intégrale complexe prise sur un contour convenablement choisi, en se servant de la formule (12_2) et en considérant chaque terme de la série (17_1) comme un résidu. Nous n'insistons pas sur cette transformation parce que la formule (17_1) est mieux appropriée aux applications astronomiques et géophysiques qui nous intéressent.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions holomorphes ou méromorphes dans une couronne.* Note de Mlle **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Paul Montel.

Nous nous proposons dans cette Note de retrouver par une autre voie et d'étendre certains résultats relatifs aux fonctions méromorphes dans une couronne circulaire établis d'abord par M. Denjoy (¹), précisés dans le cas des fonctions univalentes par M. Wolff (²) et généralisés par M. Dufresnoy (³).

Nous utiliserons un lemme dont l'idée est due à M. H. Cartan, sous la forme que lui a donnée M. Ahlfors (⁴). Étant donnés : 1° dans le plan complexe un ensemble borné mesurable E et une fonction d'ensemble $\mu(e)$ complètement additive définie sur tout sous-ensemble mesurable e de E; 2° une fonction $h(R)$ continue non décroissante définie pour $0 \leq R \leq \infty$ telle que $h(0) \geq 0$, $h(\infty) > 1$; en désignant par $\mu(R, a)$ la charge portée par le cercle de centre a, de rayon R, on a pour $R > 0$: $\mu(R, a) \leq h(R) \times \mu(E)$, excepté au plus sur un ensemble A de points a pouvant être recouvert par une suite de cercles $C_1, C_2, \ldots, C_n, \ldots$, de rayons $R_1, R_2, \ldots, R_n, \ldots$, tels que $\sum_1^\infty h(R_n) \leq 6$.

I. Soit d'abord $f(z)$ une fonction holomorphe à l'intérieur de la couronne circulaire C' ($\rho \leq |z| < 1$). Désignons par $S(r)$ la mesure de l'aire décrite par les valeurs Z de $f(z)$ [comptées autant de fois qu'elles sont prises par $f(z)$ en des points z distincts ou confondus] lorsque z décrit la couronne $\rho \leq |z| \leq r$. $S(r)$ est une fonction croissante de r. Soit une fonction continue $\varphi(r) > 0$ telle que l'intégrale

$$(1) \qquad \int_\rho^r \varphi(r)\, dS(r) \text{ soit bornée} \quad \text{lorsque} \quad r \to 1.$$

A chaque ensemble quadratiquement mesurable e contenu dans C' nous attachons la charge représentée par l'intégrale de Stieljes

$$\mu(e) = \int_\rho^1 \varphi(r)\, ds(r) = \iint_e |f'(re^{i\theta})|^2 \varphi(r)\, d\omega,$$

$s(r)$ étant la mesure de l'aire décrite par $f(z)$ lorsque z décrit la portion de e située dans la couronne $\rho \leq |z| \leq r$ et $d\omega$ étant l'élément d'aire du plan z.

(¹) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1071; **213**, 1941, pp. 15 et 115.
(²) *Proceedings d'Amsterdam*, **44**, 1941, p. 8.
(³) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 393.
(⁴) *Commentationes Phys. Math. Soc. Sc. Fennicae*, **16**, 1931, p. 2.

D'après le lemme rappelé au début : en tout point a du cercle $\Gamma(|z|=1)$, excepté au plus sur un ensemble de h-mesure nulle au sens de M. Hausdorff (5), le rapport $\mu(R, a)/h(R)$ est borné par un nombre qui dépend du point a.

Ceci n'a d'intérêt que si $h(R)/R$ n'est pas infiniment petit lorsque $R \to 0$. Remarquons que, si $h(0) > 0$, la propriété a lieu en tout point du cercle Γ; on prendra alors par convention $h(R) = 1$.

Soient $z_0 = r_0 e^{i\theta_0}$ un point quelconque de la couronne C′ et a un point non exceptionnel. D'après le théorème de M. Bloch, la fonction $f(z)$ holomorphe dans le cercle γ_0 de centre z_0 et de rayon $1 - r_0/2$ recouvre au moins un cercle de centre $Z_0 = f(z_0)$, de rayon $(B/2)|f'(z_0)|(1-r_0)$, B désignant la constante de Bloch. Supposons que, dans le cercle γ_0, le rapport $\varphi(r)/\varphi(r_0)$ soit borné inférieurement

$$\left(\text{soit pour } \frac{3r_0 - 1}{2} < r < \frac{r_0+1}{2}\right).$$

La charge portée par le cercle γ_0 est supérieure à $k\varphi(r_0)|f'(z_0)|^2(1-r_0)^2$. D'autre part γ_0 est intérieur au cercle de centre a, de rayon $R = (3/2)|z_0 - a|$. On a donc, en tout point z intérieur à C′,

$$|f'(z_0)| < H\frac{\sqrt{h\left(\frac{3}{2}|z_0 - a|\right)}}{(1-r_0)\sqrt{\varphi(r_0)}},$$

H désignant une constante.

Mais, si l'intégrale $\int_\rho^r \varphi(r)\,dS(r)$ est bornée, il est possible de trouver une fonction $\psi(r)$ telle que $\int_\rho^r \psi(r)\,dS(r)$ soit bornée et que $[\psi(r)/\varphi(r)] \to \infty$ lorsque $r \to 1$.

D'autre part nous ne considérons que des fonctions $h(R)$ décroissant assez régulièrement pour que le rapport $h(3R/2)/h(R)$ reste borné lorsque $R \to 0$. En appliquant l'inégalité à la fonction $\psi(r)$, on voit que

$$(2) \qquad (1-r) \times |f'(z)| \times \sqrt{\frac{\varphi(r)}{h(|z-a|)}} \to 0 \qquad \text{lorsque} \quad r \to 1.$$

Applications. — 1° Prenons $h(R) = R$; sauf pour un ensemble de points a de Γ de mesure linéaire nulle; on a

$$f'(z) = o\left[\frac{\sqrt{z-a}}{(1-r)\sqrt{\varphi(r)}}\right] \qquad \text{lorsque} \quad r \to 1.$$

Pour $\varphi(r) = 1$ on retrouve les théorèmes de MM. Denjoy et Wolff sans

(5) *Math. Annalen*, **79**, 1919, p. 157.

supposer la fonction $f(z)$ univalente ni même bornée, et sans restrictions sur la manière dont z tend vers a.

En prenant $\varphi(r)=(1-r)^{1-\delta}$, nous pouvons remplacer le résultat de M. Dufresnoy [3] par un énoncé équivalent si $0 \leq \delta < 1$, qui reste valable si $1 \leq \delta < 2$. On peut en effet démontrer que les intégrales

$$\int_\rho^1 (1-r)^{1-\delta}\, dS(r) \quad \text{et} \quad \int_\rho^1 S(r)(1-r)^{-\delta}\, dr$$

sont, pour $0 \leq \delta < 1$, simultanément convergentes ou divergentes.

2° Pour pouvoir déduire de la limitation obtenue que $f(z)$ tend vers une limite unique finie b lorsque $z \to a$ en restant dans un angle d'approximation, il suffit de montrer que sur le rayon Oa, $\int_\rho^1 |f'(z)|\, dr$ converge. Pour cela, il suffit de pouvoir prendre $h(R)$ et $\varphi(r)$ de manière que l'intégrale $\int_{1-\rho}^0 \sqrt{\frac{h(R)}{\varphi(1-R)}} \frac{dR}{R}$ converge.

Si $h(R)=1$, la convergence de $f(z)$ vers une limite a lieu en tout point a de Γ; Si $h(R)=R$, la convergence a lieu sur une plénitude de points de Γ. Plus généralement, si l'intégrale $\int_{1-\rho}^0 \sqrt{\frac{h(R)}{\varphi(1-R^{p+1})}} \frac{dR}{R}$ converge, $f(z)$ tend vers une limite unique finie b lorsque $z \to a$ sur toute courbe ayant en a avec le cercle Γ un contact d'ordre maximum

$$p = \overline{\lim} \frac{\log(1-r)}{\log|z-a|} - 1.$$

II. Tous ces résultats s'étendent aux fonctions méromorphes dans la couronne C' à condition de remplacer $S(r)$ par l'aire sphérique décrite par $f(z)$ et $f'(z)$ par la dérivée sphérique $f'(z)/1+|f(z)|^2$.

On pourrait trouver des limitations analogues pour $|f'(z)|$ en considérant d'autres fonctions additives d'ensemble, par exemple

$$\mu(e) = \iint_e \varphi(r)\,|f'(z)|^p\, d\omega.$$

Ainsi, pour $p=1$, il faudra s'assurer de la convergence de l'intégrale $\int_\rho^1 \varphi(r)\, l(r)\, dr$, $l(r)$ étant la longueur de la courbe décrite par $f(z)$ lorsque z décrit le cercle $|z|=r$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines fonctions multiformes.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Nous considérerons des fonctions multiformes $y(x)$ définies implicitement dans tout le plan de la variable complexe x par une relation

$$(1) \qquad f(x, y) = 0;$$

$f(x, y)$ est une fonction holomorphe des variables x, y dans le domaine cylindrique défini par $|x| < \infty$ et y contenu dans un domaine connexe D du plan des y. Généralisant une définition, usuelle lorsque $y(x)$ est fonction uniforme ou fonction algébroïde de x, nous dirons que a est une valeur exceptionnelle pour la fonction multiforme définie par (1) lorsque $f(x, a)$ ne s'annule pas dans le plan des x. L'ensemble E des valeurs exceptionnelles est un ensemble fermé sur D. Nous avons montré ([1]) qu'il était de capacité nulle à l'intérieur de D. Lorsque D est constitué par le plan des y tout entier, il s'ensuit qu'une fonction multiforme définie par une relation entière s'approche de toute valeur donnée à l'avance, ce qui est une extension à ces fonctions des théorèmes de Liouville et de Weierstrass.

La nature de l'ensemble E peut être précisée dans un cas que nous allons indiquer. Si G est un sous-domaine de D, nous désignerons par $M(r, G)$ le maximum de $|f(x, y)|$ dans le cylindre obtenu pour $|x| < r$, y contenu dans G. L'hypothèse que nous ferons est alors la suivante :

A. Il existe dans D un cercle C tel que $M(r, C)$ soit d'ordre fini, c'est-à-dire satisfasse à une inégalité de la forme

$$(2) \qquad \log M(r, C) < r^h, \qquad \text{pour } r > r_0,\ h \text{ fini positif.}$$

L'hypothèse A ne fait intervenir qu'accessoirement le cercle C; si l'on remplace C par un domaine fermé quelconque G intérieur à D, elle entraîne que $M(r, G)$ soit d'un ordre fini, d'ailleurs différent en général de celui de $M(r, C)$, et réciproquement. Nous dirons, pour abréger, que $f(x, y)$ est alors d'ordre fini en x dans D.

Étant donnée une fonction multiforme $y(x)$ définie par une relation (1), *où $f(x, y)$ est holomorphe dans le domaine cylindrique obtenu pour* $|x| < \infty$,

([1]) *Annales de l'École Normale supérieure*, 58, 1941, p. 177.

y contenu dans un domaine connexe D, *si* $f(x, y)$ *est d'ordre fini en* x *dans* D, *l'ensemble des valeurs exceptionnelles de* $y(x)$ *est dénombrable et ne possède aucun point limite dans le domaine* D (*domaine des valeurs prises*).

Le résultat peut être précisé lorsque D est le plan entier. L'hypothèse A entraîne l'existence d'un nombre $\mu \leq h$ tel que $M(r, G)$ soit d'ordre μ quel que soit G ([2]). Soit q le nombre entier immédiatement supérieur à μ. Si a est valeur exceptionnelle de la fonction multiforme $y(x)$ définie par la relation entière $f(x, y) = 0$, la fonction $\psi(x, y) = \log f(x, y)$ se réduit pour $y = a$ à un polynome de degré $q - 1$ au plus en x et les fonctions méromorphes

$$\psi_p(x, y) = \frac{d^p}{dx^p}[\log f(x, y)] \tag{3}$$

s'annulent identiquement pour $y = a$ et pour $p \geq q$. Ainsi, *dans le cas d'une relation entière d'ordre fini en* x, *les points de l'ensemble* E *sont pris parmi les zéros de la fonction* $\psi_q(0, y)$ *définie par* (3) *et méromorphe dans tout le plan.* Si $n(r')$ est le nombre des points de E intérieurs au cercle $|y| < r'$, on a

$$n(r') < q \log M(1, er') + C, \tag{4}$$

C est indépendant de r' et (4) majore la croissance de $n(r')$ en fonction de $\log M(1, r')$ lorsque l'on considère des cercles de rayons indéfiniment croissants; $M(1, r')$ représente le maximum de $|f(x, y)|$ pour $|x| = 1$, $|y| = r'$. La croissance maxima de $f(x, y)$ en y détermine ainsi une fréquence maxima des valeurs exceptionnelles de la fonction multiforme considérée.

Ce résultat peut apparaître comme une généralisation du fait connu d'après lequel une algébroïde de degré n admet au plus n valeurs exceptionnelles au sens indiqué dans cette Note. La majoration donnée par (4) est cependant moins précise et si l'on considère des relations $f(x, y) = 0$ dont l'ordre en x peut varier, la comparaison pose la question de savoir si l'on peut remplacer le coefficient q par une valeur indépendante de cet ordre.

([2]) *Ibid.*, p. 164.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Les édifices à deux constituants; calcul de leurs propriétés mécaniques, applications numériques aux plastiques et aux matériaux de remplacement.* Note [1] de M. **Raymond de Fleury**, présentée par M. Albert Caquot.

Cette Note forme une quatrième suite [2] aux travaux confiés par les Services techniques du Ministère de l'Air.

16. *Stratifications simples.* — Si nous reprenons les calculs des 9 et 10 de la Note précédente, en introduisant le rapport $\mu = (M_2/M_1)$ du module de l'armature à celui du plastique ($M_2 > M_1$), nous obtenons des paramètres sans dimensions qui sont d'application plus commode et plus générale pour la discussion. Rappelons que les limites élastiques E'_2 et E'_1 utiles ne sont pas supérieures à $(E/M)_P M_2$ et $(E/M)_P M_1$, le symbole $(E/M)_P$ désignant le plus petit des deux allongements élastiques mesurés respectivement par (E_2/M_2) et (E_1/M_1). Dans ces conditions, les propriétés principales selon OX et OZ, puis obliques d'angles φ du composite, en fonction de E'_2 par exemple, et M_2 deviennent

$$\left(\frac{E_X}{E'_2}\right) = \left(\frac{M_X}{M_2}\right) = \left(\frac{c_1}{\mu}\right) + c_2; \qquad \left(\frac{E_Z}{E'_2}\right) = \left(\frac{1}{\mu}\right); \qquad \left(\frac{M_Z}{M_2}\right) = \frac{1}{(c_1\mu + c_2)};$$

puis

$$E_\varphi = E'_2\left(\frac{1}{u''}\right); \qquad M_\varphi = M_2\left(\frac{1}{v''}\right).$$

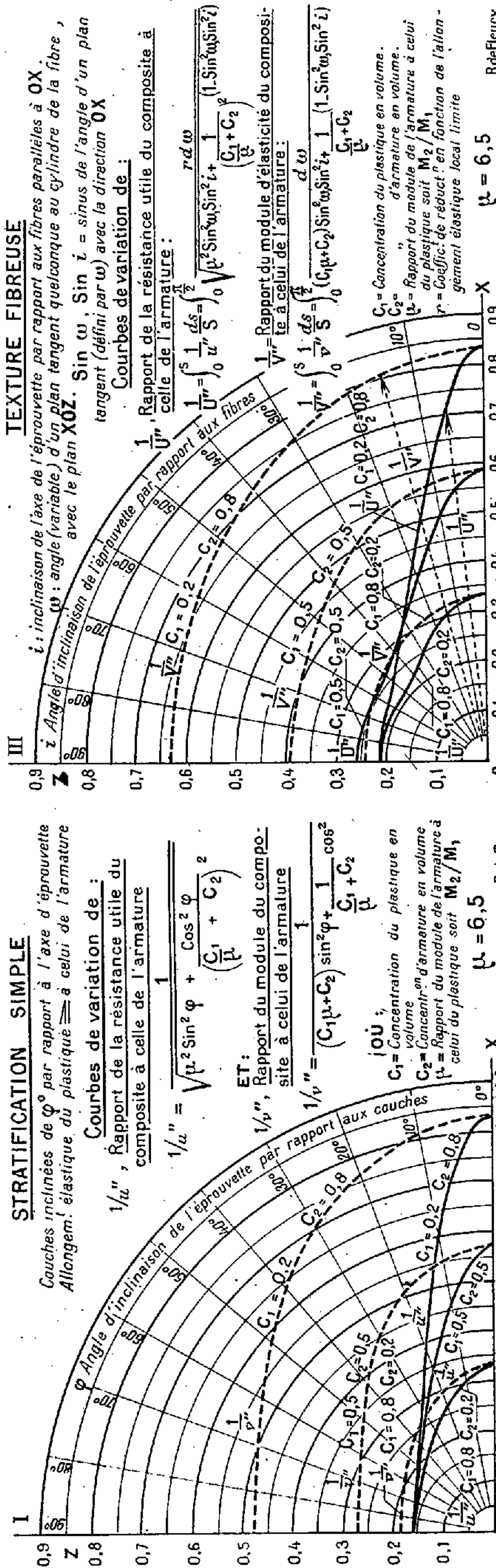
Les expressions et des valeurs numériques particulières de $(1/u'')$ et $(1/v'')$ sont données par les graphiques polaires ci-après en fonction de l'angle d'inclinaison des couches et pour diverses concentrations des deux corps stratifiés. Les valeurs 6,5 et 15, pour le rapport du module de l'armature à celui du plastique, ont été choisies parce qu'elles correspondent à divers édifices usuels, respectivement : bakélite, fibres végétales, ou bois comprimés, ou papier, d'une part; bakélite-fils ou tissus de verre ou aluminium, d'autre part, ou encore triacétate de cellulose-acier. On remarquera *les énormes dispersions* des résistances selon OX pour de petits écarts d'orientation des couches, des fibres, *ou des efforts*.

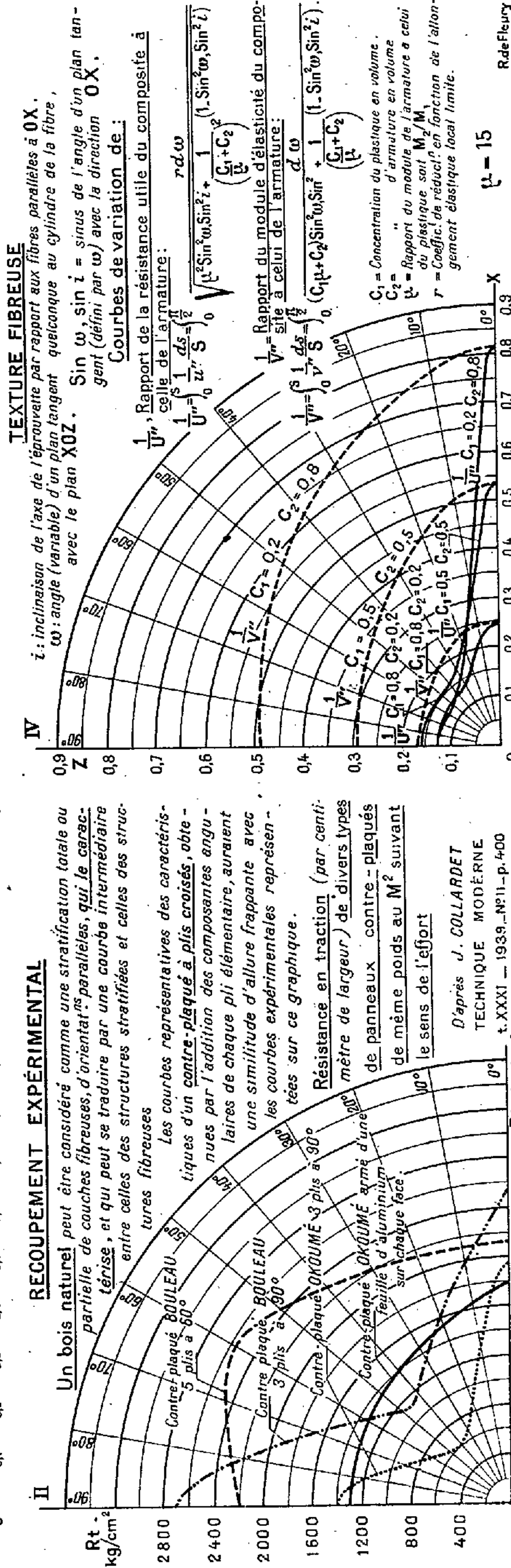
17. *Textures fibreuses orientées uniformément réparties.* — A chacun des

---

(1) Séance du 5 janvier 1942.

(2) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 662; **211**, 1940, p. 457; **212**, 1941, p. 781.


I
STRATIFICATION SIMPLE
Couches inclinées de φ° par rapport à l'axe d'éprouvette
Allongem! élastique du plastique ≡ à celui de l'armature
Courbes de variation de :
1/u", Rapport de la résistance utile du composite à celle de l'armature
$1/u'' = \frac{1}{\sqrt{\mu^2 \sin^2\varphi + \frac{\cos^2\varphi}{\left(\frac{C_1}{\mu} + C_2\right)^2}}}$
ET :
1/v", Rapport du module du composite à celui de l'armature
$1/v'' = \frac{1}{(C_1\mu + C_2)\sin^2\varphi + \frac{1}{\frac{C_1}{\mu}+C_2}\cos^2}$
OÙ :
C₁ = Concentration du plastique en volume
C₂ = Concentrᵗⁱᵒⁿ d'armature en volume
μ = Rapport du module de l'armature à celui du plastique soit M₂/M₁
μ = 6,5
φ Angle d'inclinaison de l'éprouvette par rapport aux couches
R.deFleury
II
RECOUPEMENT EXPÉRIMENTAL
Un bois naturel peut être considéré comme une stratification totale ou partielle de couches fibreuses, d'orientatᵒⁿˢ parallèles, qui le caractérise, et qui peut se traduire par une courbe intermédiaire entre celles des structures stratifiées et celles des structures fibreuses
Les courbes représentatives des caractéristiques d'un contre-plaqué à plis croisés, obtenues par l'addition des composantes angulaires de chaque pli élémentaire, auraient une similitude d'allure frappante avec les courbes expérimentales représentées sur ce graphique.
Résistance en traction (par centimètre de largeur) de divers types de panneaux contre-plaqués de même poids au M² suivant le sens de l'effort
Contre-plaqué BOULEAU 5 plis à 60°
Contre plaqué BOULEAU 3 plis à 90°
Contre-plaqué OKOUMÉ 3 plis à 90°
Contre-plaqué OKOUMÉ armé d'une feuille d'aluminium sur chaque face
D'après J. COLLARDET
TECHNIQUE MODERNE
t. XXXI — 1939_N°11_p.400
Rt kg/cm²


III
TEXTURE FIBREUSE
i : inclinaison de l'axe de l'éprouvette par rapport aux fibres parallèles à OX.
ω : angle (variable) d'un plan tangent quelconque au cylindre de la fibre, avec le plan XOZ.
Sin ω, Sin i = sinus de l'angle d'un plan tangent (défini par ω) avec la direction OX
Courbes de variation de :
1/U", Rapport de la résistance utile du composite à celle de l'armature :
1/V", Rapport du module d'élasticité du composite à celui de l'armature :
C₁ = Concentration du plastique en volume.
C₂ = " d'armature en volume.
μ = Rapport du module de l'armature à celui du plastique soit M₂/M₁
r = Coeffic! de réductⁿ en fonction de l'allongement élastique local limite
μ = 6,5
i Angle d'inclinaison de l'éprouvette par rapport aux fibres
RdeFleury
IV
TEXTURE FIBREUSE
i : inclinaison de l'axe de l'éprouvette par rapport aux fibres parallèles à OX.
ω : angle (variable) d'un plan tangent quelconque au cylindre de la fibre, avec le plan XOZ.
Sin ω, sin i = sinus de l'angle d'un plan tangent (défini par ω) avec la direction OX.
Courbes de variation de :
1/U", Rapport de la résistance utile du composite à celle de l'armature :
1/V", Rapport du module d'élasticité du composite à celui de l'armature :
C₁ = Concentration du plastique en volume.
C₂ = " d'armature en volume
μ = Rapport du module de l'armature à celui du plastique soit M₂/M₁
r = Coeffic! de réductⁿ en fonction de l'allongement élastique local limite.
μ = 15
RdeFleury

éléments de contact des plans tangents à une surface, à un cylindre par exemple, correspond une inclinaison définie par rapport à la direction générale de l'effort. Par intégration des valeurs $(1/u'')$ et $(1/v'')$ qui leur sont propres, il est possible d'obtenir les caractéristiques résultantes. Les éléments du problème, ainsi que les expressions des sommations graphiques $(1/U'')$ et $(1/V'')$, sont inscrits pour toutes les inclinaisons i des réseaux fibreux sur les graphiques correspondants. Dans ces graphiques, le coefficient de réduction r est introduit pour limiter l'allongement élastique de l'édifice fibreux au plus petit $(E/M)_P$ toléré dans l'échelle des angles φ du graphique de stratification [tel que $\varphi = \arcsin(\sin i \sin \omega)$] qui existent élémentairement à la surface de la fibre orientée selon i. Le calcul donne $(1/U'') = [(1/u'')/(1/v'')]_P \times (1/V'')$.

Soulignons que ces graphiques ne valent que pour le cas de fibres uniformément réparties dans leur section droite, et non pas inégalement réparties, ce qui introduirait des écarts locaux systématiques ou dispersifs. Des types de répartitions uniformes peuvent être représentés macrographiquement par celle naturelle polycyclique d'un fond d'artichaut après extraction du foin, ou celle artificielle de la disposition, également cyclique, des petits pavés sur les routes en pente, ou de nos artères à grande circulation, et non par le pavage courant en quinconce, tout au moins dans le sens perpendiculaire aux alignements qui constituent stratification. Les bois participent selon leur essence souvent plus de la stratification, que de la texture fibreuse, spécialement les bois du nord à végétation saisonnière.

18. *Textures fibreuses réparties non uniformément ou au hasard.* — Les fibres rectilignes, toronnées, ou des fils ondulés disposés parallèlement peuvent être assimilés dans les calculs à la superposition stratifiée de deux réseaux angulairement décalés en inclinaison i. Bien entendu, le coefficient de réduction r des graphiques, à appliquer dans un complexe doit être mesuré dans la couche, ou dans l'orientation d'écart probable, où il est le plus petit, c'est celui qui doit être appliqué indistinctement pour toutes les couches qui se trouvent superposées, et de même pour les fibres orientées au hasard comme dans les feutrages.

19. *Textures globulaires granulaires.* — Il suffit, comme nous l'avons exposé au paragraphe 14, pour les premières de substituer l'intégration de l'élément sphérique $[ds/S = d\varphi . \cos\varphi]$ à celle de l'élément cylindrique $[ds/S = d\varphi/(\pi/2)]$ appliquée ici aux fibres, et pour les secondes, de procéder par voie de sommation partielle des fonctions par éléments finis

des surfaces (meules en plastique-corindon). Bien entendu, le coefficient de réduction r à introduire dans les sommations particulières doit obéir à la règle énoncée au paragraphe 17.

RELATIVITÉ. — *Sur la mécanique analytique du point électriquement chargé.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. La variation d'impulsion-énergie électromagnétique d'une charge ponctuelle comporte un terme additif à celui qu'on donne habituellement. En effet l'expression du quadrivecteur densité de force de Lorentz en fonction du quadripotentiel A^p s'écrit, compte tenu de l'équation de continuité pour le courant j_q (unités E. M. d'Heaviside),

$$f^p = (\partial^q A^p - \partial^p A^q) j_q = \partial^q (A^p j_q) - j_q \partial^p A^q.$$

Multiplions par l'élément quadrilinéaire $[dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4]$ et intégrons dans un tube de courant d'Univers entre deux hypercloisons 1 et 2 (du genre espace). Le premier terme se transforme en intégrale triple, la contribution de l'hyperparoi étant nulle du fait que j_q lui est tangent; introduisant les valeurs moyennes du quadripotentiel sur les hypercloisons, et appelant Q la charge attachée au tube, il vient l'expression classique $Q(\bar{A}^p_2 - \bar{A}^p_1)$. Quant au second terme, si l'on prend le 4e vecteur $dx^4_q = dx_q$ de l'élément quadrilinéaire colinéaire au courant, il donne, après introduction de la valeur moyenne de $\partial^p A^q$ sur l'hypercloison courante, $Q\int_1^2 \overline{\partial^p A^q}\, dx_q$.

Finalement, passant au cas limite d'un tube infiniment délié et prenant l'intégrale pour deux états successifs voisins dans le temps, il vient, comme nous l'annoncions, pour la *variation d'impulsion-énergie électromagnétique d'une charge ponctuelle*,

$$dp^i = Q(dA^i - \partial^i A^j\, dx_j). \tag{1}$$

2. Si maintenant p^i représente l'expression inertique de l'impulsion-énergie du point précédent doué d'une masse propre $\mu\, (p^i p_i = -c^2 \mu^2)$, toute la mécanique analytique du point chargé se déduit de la formule (1). Comme on s'y attendait, le second terme du second membre disparaît des équations, mais sa présence dans (1) donne la possibilité de généraliser les

propriétés d'inertie du point matériel : on peut admettre que l'impulsion-énergie inertique ou *propre* n'est plus nécessairement tangente à la trajectoire d'Univers [1] (ni même, éventuellement, de longueur constante). En effet, posant comme d'habitude

$$P^i = p^i - QA^i,$$

les (1) prennent la forme condensée

$$dP^i = \partial^i P^j\, dx_j, \tag{2}$$

où rien ne nous empêche d'admettre l'existence d'un terme $\partial^i p^j dx_j$; précisément, ce terme s'annule si le quadrivecteur p^i est tangent à la trajectoire et de longueur $ic\mu$ constante.

3. On déduit de (2) l'existence de l'invariant intégral relatif d'action. Prenant une congruence de trajectoires possibles, intégrant le long d'une trajectoire entre un point 1 et un point 2, puis sur la paroi (bidimensionnelle) d'un tube de trajectoires, le second membre donne zéro et l'on peut conclure (l'élément δx_i étant du genre espace)

$$\oint P^i\, \delta x_i = \text{const.} \tag{3}$$

De là on déduit sans peine l'existence de l'invariant intégral absolu

$$\delta_1 P^i \delta_2 x_i - \delta_2 P^i \delta_1 x_i = \text{const.},$$

qui est nul lorsque l'un des δ se rapporte au déplacement réel, et qui permet de passer réciproquement de (3) aux (2). Ensuite on peut établir le théorème de Hamilton, puis les équations lagrangiennes paramétriques de M. De Donder [2], dont la symétrie relativiste est parfaite; de même, il vient les équations hamiltoniennes symétriques, portant sur le lagrangien $\mathcal{L}$, qui est un invariant relativiste (et non plus sur P^4), et utilisant un paramètre d'évolution quelconque

$$\frac{dx_i}{d\eta} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P^i}, \qquad \frac{\partial P^i}{\partial \eta} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_i} \qquad (\mathcal{L} = P^i x'_i).$$

Si la congruence des lignes d'impulsion-énergie admet une trajectoire orthogonale (tridimensionnelle), le théorème de Hamilton montre qu'elle

(1) Sur l'intérêt de cette généralisation, voir par exemple AL. PROCA, *Thèse*, p. 145 (*Sur la théorie relativiste de l'électron de Dirac dans un champ nul*, Paris, 1933).

(2) *Théorie invariantive du calcul des variations*, p. 176, Paris, 1935.

en admet une infinité (hyperondes d'égale action Φ : Φ devient alors le paramètre naturel). Dans le cas d'un champ nul, c'est-à-dire lorsque A^i est un gradient, on ne retrouve les trajectoires d'Univers rectilignes qu'en particularisant à la manière habituelle l'impulsion-énergie propre (ce qui est tout à fait conforme aux idées de M. Proca). Bien entendu, dans le cas général, l'équation de Jacobi relativiste résulte des considérations précédentes.

4. Finalement, on voit que la manière vraiment naturelle d'établir la mécanique analytique relativiste part de la considération d'un point matériel chargé et soumis à l'action d'un quadripotentiel A^i.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations de Maxwell et l'espace elliptique à trois dimensions.* Note de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Clifford a montré que, dans un espace elliptique à trois dimensions, il existe deux déplacements parallèles à une droite donnée partant d'un point donné pour aboutir à un point donné. Les équations de ces translations sont données par

$$(1)\quad \begin{cases} x'_1 = Ax_1 - Bx_2 - Cx_3 - Dx_4, \\ x'_2 = Bx_1 + Ax_2 - Dx_3 + Cx_4, \\ x'_3 = Cx_1 + Dx_2 + Ax_3 - Bx_4, \\ x'_4 = Dx_1 - Cx_2 + Bx_3 + Ax_4, \end{cases}$$

déplacement de première espèce, et

$$(2)\quad \begin{cases} x'_1 = Ax_1 - Bx_2 - Cx_3 - Dx_4, \\ x'_2 = Bx_1 + Ax_2 + Dx_3 - Cx_4, \\ x'_3 = Cx_1 - Dx_2 + Ax_3 + Bx_4, \\ x'_4 = Dx_1 + Cx_2 - Bx_3 + Ax_4, \end{cases}$$

déplacement de deuxième espèce, avec

$$A^2 + B^2 + C^2 + D^2 = 1 \quad (x_1,\ x'_1 \text{ variables d'homogénéité}).$$

Considérons le vecteur dont les coordonnées projectives sont $-iA_4$, $-Ax$, $-Ay$, $-Az$, où les A sont les composantes des potentiels vecteur et scalaire.

Effectuons un déplacement de deuxième espèce, puis le même déplacement, mais de première espèce et en sens contraire. Écrivons que le vec-

teur reste identique à lui-même après ces deux déplacements; comme nous avons des coordonnées projectives, il nous suffit d'écrire que l'opérateur gradient donne des termes proportionnels aux composantes du vecteur initial.

Pour cela, remplaçons A, B, C, D dans (2) et (1) par

$$-\frac{1}{ic}R\frac{\partial}{\partial t}=iR\frac{\partial}{c\,\partial t},\qquad R\frac{\partial}{\partial x},\quad R\frac{\partial}{\partial y},\quad R\frac{\partial}{\partial z},$$

où R est le rayon de courbure de l'espace. La condition

$$A.A+B.B+C.C+D.D=1$$

donne

$$\left(-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}+\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)=\frac{1}{R^2}.$$

C'est l'opérateur Dalembertien dans un espace à courbure constante R.

La première équation de (2) ainsi transformée donne

$$x'_1=R\left[\frac{i}{c}\frac{\partial}{\partial t}(-iA_4)-\frac{\partial}{\partial x}(-Ax)-\frac{\partial}{\partial z}(-Ay)-\frac{\partial}{\partial z}(-Az)\right],$$

ou $x'_1=R[(\partial A_4/c\partial t)+\mathrm{Div}\,A]$. La deuxième équation donne

$$x'_2=R\left[\partial x(-iA_4)+\frac{i}{c}\partial t(-Ax)+\partial z(-Ay)-\partial z(-Az)\right]$$

ou

$$x'_1=R(Hx+ihx)$$

que nous écrirons $H'_x+ih'_x$. $\vec{h}$ et $\vec{H}$ représentent les champs électriques et magnétiques; de même

$$x'_3=R(Hy+ihy),\quad x'_4=R(Hz+ihz).$$

Effectuons maintenant le déplacement de première espèce; pour cela remplaçons dans (1) les valeurs $x_1, \ldots, x_4$ par O, $H'x+ih'x$, $H'y+ih'y$, $H'z+ih'z$ et écrivons que les grandeurs résultantes sont justement le potentiel vecteur initial.

On a $+iA_4=R^2(\mathrm{div}\vec{H}-i\,\mathrm{div}\vec{h})$. Le changement du signe — devant A_4 (variable d'homogénéité) en signe +, exprime que le deuxième parcours est un retour à la position initiale; d'où

$$\mathrm{div}\vec{H}=0\qquad\text{et}\qquad\mathrm{div}\vec{h}=\frac{-A_4}{R^2}.$$

Les trois autres équations donnent

$$\text{Rot}\,\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{h}}{\partial t} - \frac{\vec{A}}{R^2} \quad \text{et} \quad \text{Rot}\,\vec{h} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}.$$

Or nous avons montré ([1]) que l'on a $R \times 2\pi\mu_0 c = h$, où μ_0 est une constante universelle valant 10^{-64} gramme.

En remplaçant R par cette valeur, nous obtenons

$$\text{div}\,\vec{h} = -\frac{4\pi^2}{R^2}\mu_0^2 c^2 A_4 \quad \text{et} \quad \text{rot}\,\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{h}}{\partial t} - \frac{4\pi^2}{R^2}\mu_0^2 c^2 \vec{A};$$

ce sont les équations de Maxwell complètes où l'on tient compte de la masse du photon dont le champ électromagnétique est une manifestation.

Nous voyons que la conception d'un espace elliptique permet d'interpréter l'électromagnétisme à l'aide d'une double translation aller et retour de première et de deuxième espèce. Or nous savons qu'une translation le long d'une droite est identique à une rotation autour de sa conjuguée; par suite le mouvement d'un point soumis à un champ électromagnétique s'obtiendra en intégrant des équations de la forme $dv_k/dt = \omega_{ks} v_s$ (3), où les ω_{ks} sont fonctions linéaires des champs, de telles équations (3) représentant un mouvement de rotation.

ÉLECTRICITÉ. — *Un mode nouveau d'excitation des gaz raréfiés par des ondes électromagnétiques de très haute fréquence.* Note ([1]) de MM. **Georges Goudet, Pierre Herreng** et **Guy Nief**, présentée par M. Aimé Cotton.

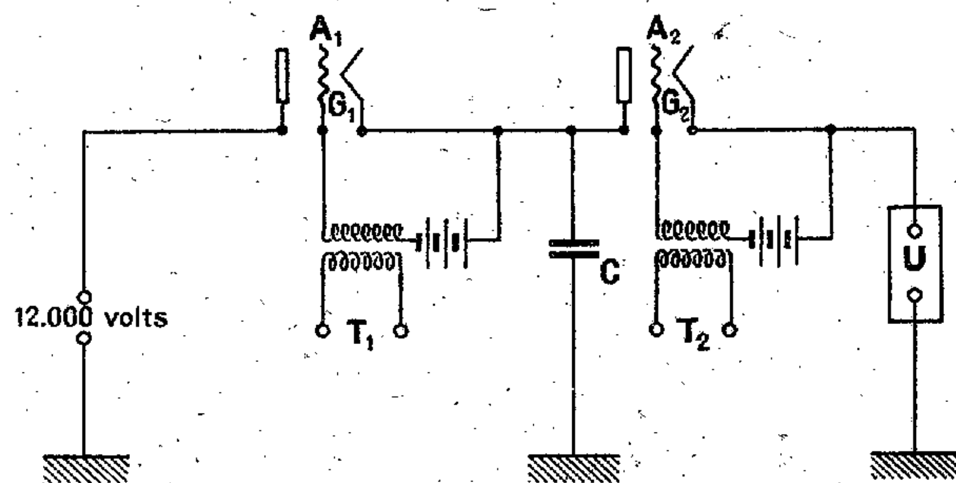
I. *Principe.* — Nous nous sommes proposé l'étude des spectres de certains gaz excités dans des tubes sans électrodes par des ondes électromagnétiques de très haute fréquence (154 mégacycles; λ $1^m,94$). Il est difficile d'obtenir à ces fréquences une puissance H. F. importante, par suite de l'abaissement du rendement des oscillateurs. Ainsi les tubes E 356 S. F. R., utilisés dans notre montage, fournissent une puissance oscillante qui passe de 50 watts sur une longueur de 15^m à 40 watts sur $3^m,5$

([1]) J. Roubaud-Valette, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1921.

([1]) Séance du 15 décembre 1941.

pour tomber à 19 watts seulement sur $1^m,5$. Pour obtenir cependant une excitation intense, nous avons en quelque sorte condensé la puissance oscillante dont nous disposions en une suite périodique d'impulsions très brèves séparées par des intervalles de repos relativement très longs. Pendant les impulsions, de durée t, l'oscillateur, du type Mesny, est soumis à une tension anodique égale à n fois la tension normale en fonctionnement continu (800 volts). Le courant anodique se trouve multiplié par n (tant que l'on n'atteint pas la saturation), les puissances dissipée et oscillante sont sensiblement multipliées par n^2 (par rapport au fonctionnement continu). La puissance moyenne dissipée devant être la même en impulsions et en régime continu, puisqu'elle est limitée par l'échauffement de l'anode, l'intervalle de repos séparant deux impulsions successives doit être de l'ordre de n^2t. Nous avons été limités dans la valeur de n par les étincelles éclatant à l'extérieur des tubes entre les bornes de grille et d'anode. Nous avons ainsi atteint des tensions de crête de 12000 volts, ce qui correspond à $n=15$ et à une puissance de crête (pour deux tubes) de l'ordre de 10 kW (sur une longueur d'onde de $1^m,94$). La durée des impulsions était de l'ordre de 10 microsecondes, leur fréquence de 400 environ par seconde.

II. *Réalisation.* — Les impulsions de tension appliquées aux lampes oscillatrices étaient obtenues par la décharge périodique d'un condensateur C de capacité 0,007 μF dans l'oscillateur U (voir la figure). La



charge et la décharge du condensateur étaient commandées par deux thyratrons A_1 et A_2 (L. M. T. 6801 A) dont les grilles, normalement polarisées à — 60 volts, étaient rendues positives à des moments judicieusement choisis de la période du phénomène par de courtes impulsions de tension, de 200 volts environ, produites par un petit générateur à lampes auxiliaire. Celui-ci donnait naissance à deux trains identiques d'impulsions pério-

diques décalés d'un temps égal à la moitié de leur période commune. Si nous désignons cette période par T (2500 microsecondes), la succession des phénomènes peut se décrire comme suit. L'anode du thyratron A_1 est maintenue constamment à la tension de crête (13000 volts) par rapport à la masse. A l'instant o, le condensateur C étant déchargé, les deux thyratrons éteints, et leur grilles polarisées à — 60 volts, une impulsion transmise par le transformateur H. F. T_1 vient rendre pendant quelques microsecondes la grille de A_1 positive. Ce thyratron s'allume, la grille G_1 perd son pouvoir de contrôle, et le condensateur C se charge très rapidement. La charge terminée, le thyratron A_1 s'éteint. Au temps T/2, une impulsion appliquée par l'intermédiaire du transformateur T_2 vient rendre positive la grille de A_2. En s'allumant, ce thyratron ferme le circuit de décharge de C dans U. Cette décharge terminée, le thyratron A s'éteint. Au temps T, une seconde impulsion appliquée à la grille de A_1 recharge C et ainsi de suite. En pratique, quelques précautions sont à prendre pour que les deux thyratrons ne s'amorcent pas simultanément. En particulier, on doit laisser à chaque tbyratron le temps de se désioniser avant d'exciter l'autre. Ce temps de désionisation est de quelques dix-millièmes de seconde. On ne peu donc espérer produire, par ce procédé, beaucoup plus de 1000 impulsions par seconde.

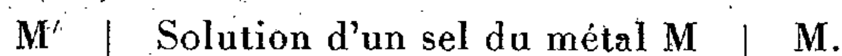
Quand on excite un tube contenant de l'hélium pur sous une pression variable, soit en impulsions, soit en régime continu, *la longueur d'onde et la puissance moyenne fournie à l'oscillateur étant la même dans les deux cas*, on observe des aspects de la décharge complètement différents. En impulsions, la décharge annulaire très brillante est manifestement du type *induite* [1]. Sa brillance maximum s'obtient pour une pression de l'ordre de $0^{mm},2$ de mercure, le phénomène devenant d'ailleurs instable. En régime continu, la décharge, instable et peu lumineuse, occupe la région centrale du tube et semble bien due à la composante électrostatique du champ. Quand on photographie, dans le domaine visible, le spectre d'un même tube (hélium sous une pression de 3^{mm} de mercure) excité par les deux procédés, les temps de pose nécessaires pour obtenir des intensités comparables sont de 7 minutes en impulsions et de 100 minutes en régime continu. On se rendra compte de la brillance du tube, dans le premier cas, en remarquant que le temps total pendant lequel le tube est illuminé n'excède pas quelques secondes.

(1) ESCLANGON, *Thèses*, 1933.

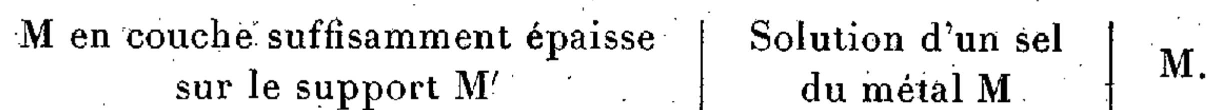
Le procédé décrit permet donc de réaliser commodément des décharges *induites* de très grande brillance avec des ondes entretenues de longueur d'onde inférieure à deux mètres.

ÉLECTROCHIMIE. — *Différence du potentiel au contact métal-solution à travers les métaux en couche mince.* Note [1] de M. **Georges Destriau** et Mlle **Paulette Legendre**, présentée par M. Aimé Cotton.

Considérons une cellule électrolytique formée de deux électrodes de métaux M et M′ plongeant dans la solution d'un sel du métal M de telle façon qu'on ait la chaîne


M′ | Solution d'un sel du métal M | M.

En supposant M′ moins électropositif que M, l'ensemble constitue une pile dont M′ est le pôle positif. Si l'ensemble débite sur un circuit extérieur, le courant dans la solution va de M vers M′, d'où il résulte un apport de métal M sur l'électrode M′. Il y a donc polarisation, la pile tendant vers le couple final suivant de force électromotrice nulle


M en couche suffisamment épaisse sur le support M′ | Solution d'un sel du métal M | M.

La f. é. m. (e) du couple en cours de polarisation est une fonction de l'épaisseur (ε) de métal M apporté sur M′.

Nous n'avons trouvé d'indications sur ce sujet que dans les travaux anciens de Oberbeck (1887), de Kœnigsberger et Muller (1905), d'après lesquels la d. d. p. commencerait à varier pour des pellicules d'épaisseur 100 à 500 millimicrons de Cd—Cu—Zn ou PbO^2; ces données paraissent insuffisantes, les phénomènes étant, nous le verrons, plus complexes. Nous nous sommes donc attachés à déterminer expérimentalement la relation $e = f(\varepsilon)$.

Les f. é. m. ont été déterminées par la méthode classique d'opposition.

Les épaisseurs de métal rapportées ont été déterminées d'après les lois de Faraday. Pour cela nous avons opéré à intensité constante en plaçant le couple en série avec une batterie de 45 volts, l'ensemble débitant sur un rhéostat de grande résistance. Afin de pouvoir suivre les phénomènes,

(1) Séance du 15 décembre 1941.

nous avons utilisé des densités de courant σ faibles, ne dépassant pas quelques dizaines de microampères par centimètre carré. Pour que le dépôt puisse s'effectuer, il est nécessaire que la densité de courant soit supérieure à une valeur limite minima σ_0; nous avons considéré que le transport des ions devait être attribué à la différence $(\sigma - \sigma_0)$.

Dans ces conditions, en opérant des dépôts de zinc à 20° C., nous avons d'abord noté que les densités limites étaient d'autant plus élevées que les solutions étaient plus diluées. De plus, ces densités limites paraissent *en gros* d'autant plus élevées que les supports M' sont plus électropositifs.

Pour les dépôts de cuivre sur argent et or, les densités limites sont négligeables aux erreurs expérimentales près.

Dans ces deux cas, dépôts de Zn et dépôts de Cu, les courbes $e = f(\varepsilon)$ sont d'autant plus étalées que le support est plus électropositif. Nous indiquons sur la figure 1 l'allure des courbes de décroissance pour les

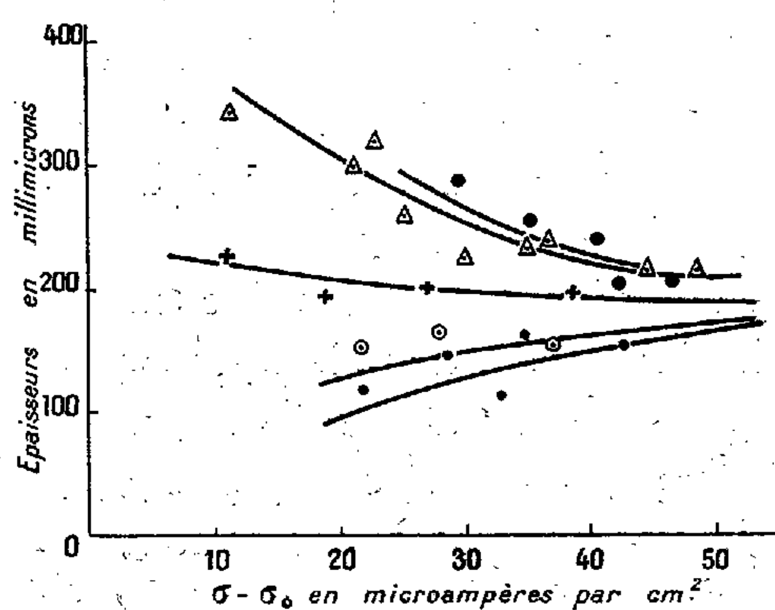


Fig. 1.

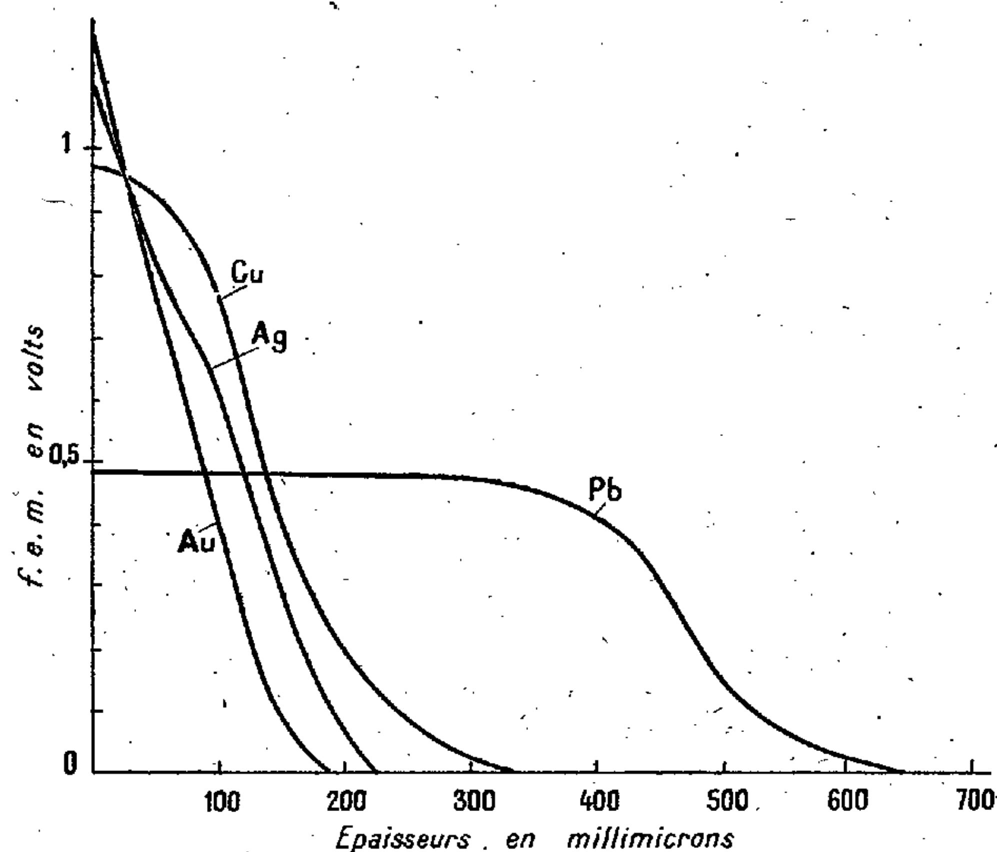


Fig. 2.

dépôts de Zn (à même concentration 250g de sel par litre d'eau et même densité de courant $\sigma - \sigma_0 = 30$ µA par centimètre carré).

Les épaisseurs de zinc qui réduisent de moitié les f.é.m. initiales sont les suivantes :

Électropositivité croissante.

Nature du support.	Concentration en grammes SO^4Zn, $7H^2O$ par litre d'eau.	Épaisseur moyenne de Zn réduisant de moitié la f. é. m. initiale.
Plomb	75	500 mμ.
	150	600 »
	250	450 »
Argent	50	200 »
	250	100 »
Or	25	160 »
	75	150 »
	150	150 »
	250	75 »

Dans le cas du support en cuivre, nous avons pu réaliser un plus grand nombre d'expériences qui se traduisent par les courbes de la figure 2. De manière générale pour le zinc, cette épaisseur tend à décroître à mesure que la concentration croît; elle paraît d'autant plus forte que le support est plus électropositif.

Pour les dépôts de cuivre sur argent et or nous avons obtenu des épaisseurs bien plus petites résumées dans le tableau ci-dessous :

Électropositivité croissante.

Nature du support.	Concentration en grammes SO^4Cu par litre d'eau.	Epaisseur moyenne de Cu réduisant de moitié la f. é. m. initiale.
Argent	25	30 mμ.
	50	40 »
	100	80 »
Or	25	10 »
	50	15 »
	100	20 »

Ici les épaisseurs sont bien plus faibles et, en outre, contrairement à ce que nous avions obtenu pour le zinc, elles tendent à croître lorsque la concentration croît.

ATOMISTIQUE. — *Les niveaux extérieurs des atomes lourds révélés par leurs spectres de rayons* X *de grande fréquence. Étude du bismuth.* Note (1) de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les fréquences des niveaux M des éléments lourds calculées à partir des fréquences d'émission L et de la fréquence d'absorption L_{III}, diffèrent des fréquences M d'absorption. J'ai repris la détermination des écarts entre ces deux types de valeurs à l'aide des données les plus récentes, dont voici les références : fréquences M d'absorption, éléments 91 (2), 83 (3), 82, 81 et 79 (4), 73 (5), autres éléments (6); fréquences calculées, éléments 92, 88, 83, 80, 78, 75, 74, 73, 71, 70 : travaux du Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Paris (*N. B.*), autres éléments (6), sauf 91 dont j'ai rectifié les niveaux en n'utilisant dans le calcul que la fréquence d'absorption L_{III} d'après (7).

	M_I.		M_{II}.		M_{III}.		M_{IV}.		M_V.	
Z.	Δ (ν/R).	Δ eV.	Δ (ν/R).	Δ eV.	Δ (ν/R).	Δ eV.	Δ (ν/R).	Δ eV.	Δ (ν/R).	Δ eV.
92 U...	$+0,2_4$	$+3,_2$	$+0,4_4$	$+6,_0$	$-0,2_0$	$-2,_7$	$-0,5_2$	$-7,_0$	$-0,5_1$	$-6,_9$
91 Pa..	–	–	–	–	–	–	$-0,2$	$-2,_7$	$-0,3$	$-4,_1$
90 Th..	$-0,0_3$	$-0,_4$	$-0,7_4$	$-10,_0$	$+0,2_2$	$+3,_0$	$-0,2_3$	$-3,_1$	$-0,5_2$	$-7,_0$
83 Bi...	**$-1,1_0$**	**$-14,_9$**	**$-0,1_8$**	**$-2,_4$**	**$-0,3_9$**	**$-5,_3$**	**$+0,6_7$**	**$+9,_1$**	**$+0,6_8$**	**$+9,_2$**
82 Pb..	–	–	–	–	$+0,2$	$+2,_7$	$+1,6$	$+21,_7$	$+1,_5$	$+20,_3$
81 Tl...	–	–	–	–	$-0,1$	$-1,_3$	$+2,0$	$+27,_1$	$+1,_8$	$+24,_4$
80 Hg..	–	–	–	–	$+0,2$	$+2,_7$	$+1,3$	$+17,_6$	$+1,6$	$+21,_7$
79 Au..	$-8,6_8$	$-117,_6$	$-8,7_2$	$-118,_1$	$-0,1$	$-1,_3$	$+2,2$	$+29,_8$	$+2,6$	$+35,_2$
78 Pt..	$+10,3_2$	$+139,_8$	$+21,3_3$	$+289,_0$	$+0,1_7$	$+2,_3$	$+2,3_9$	$+32,_4$	$+2,5_9$	$+35,_1$
77 Ir...	–	–	$-0,2_9$	$-3,_9$	$+0,4_5$	$+6,_1$	$+3,0_7$	$+41,_6$	$+3,0_7$	$+41,_6$
74 W..	$+1,6_0$	$+21,_7$	$+0,6_5$	$+8,_8$	$+0,3_2$	$+4,_3$	$+3,1_4$	$+42,_5$	$+3,2_4$	$+43,_9$
73 Ta..	–	–	–	–	**$+0,0_1$**	**$+0,_1$**	**$+2,7_3$**	**$+37,_0$**	**$+2,7_2$**	**$+36,_8$**

Les nombres en caractères gras proviennent de mesures récentes pour M observé et M calculé. McGrath (8) donne Pb $\Delta M_I - 8,7$, $\Delta M_{II} + 7,9$, Au $\Delta M_{IV}\,37,3$, $\Delta M_V\,38,4$ eV.

Le Tableau rapporte les valeurs obtenues pour les écarts Δ. On a peu de

(1) Séance du 5 janvier 1942.
(2) V. Dolejsek, V. Kunzl, *Nature*, 138, 1936, p. 590.
(3) W. D. Phelps, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 357.
(4) P. Krafft, *Wiener Ber.*, Kl. II *a*, 140, 1931, p. 605.
(5) C. A. Whitmer, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1164.
(6) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Rontgenstrahlen*, 2te Aufl., Berlin, 1931.
N. B. — La bibliographie de ces travaux dépasse les limites de cette Note.
(7) V. Dolejsek, J. Marek, *Zeits. f. Phys.*, 97, 1935, p. 70.
(8) J. W. McGrath, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 137 et p. 765.

renseignements pour M_I et M_{II}; Δ pour M_{III} est probablement nul. Les fréquences d'absorption M_{IV} et M_V qui sont connues avec plus de précision que les trois autres, montrent cependant bien, comme on le pensait, des divergences systématiques avec les fréquences calculées qui semblent dépasser les erreurs expérimentales. Toutes réserves faites sur ce point, il apparaît que Δ, qui a le même ordre de grandeur pour M_{IV} et M_V, est négatif dans la région Z 92 à 86, devient positif au delà, passe par un maximum ou une discontinuité entre Z 79 et Z 74 et s'annule sans doute à nouveau vers Z 70. L'application des règles de sélection et la comparaison de la fréquence L_{III} avec certaines fréquences d'émission ont conduit à identifier l'absorption L_{III} avec les passages suivants : $L_{III}\,P_{IV,V}$ de 92 à 79, $L_{III}\,P_I$ pour l'or, $L_{III}\,O_{IV,V}$ au delà; il y a donc changement du niveau final dans la région des plus grandes différences Δ. Le signe de Δ impose que le niveau final des absorptions M_{IV} et M_V soit intérieur à $P_{IV,V}$ de Z 92 à 86, extérieur à $P_{IV,V}$ de 86 à 79, extérieur à P_I de l'or et extérieur à $O_{IV,V}$ probablement jusqu'à 70. Ces faits suggèrent l'hypothèse, émise également par Phelps [3] et d'autres auteurs [8], d'après laquelle les absorptions M_{IV} et M_V doivent faire intervenir comme niveau final un niveau *réticulaire* du cristal où est présent l'élément à l'étude, extérieur au niveau de conductibilité; ceci dans un domaine que Phelps situe de Z 90 à Z 73, mais qui se place plus vraisemblablement entre 86 et 70. Les règles de sélection imposent pour ce ou ces niveaux les nombres quantiques 3 5/2 et 3 7/2, ou peut-être 1 1/2 et 1 3/2, ces derniers étant moins probables. Il est possible de situer quantitativement ces niveaux dans le diagramme des atomes en question; je l'ai fait pour le bismuth.

Les cinq absorptions M du Bi métallique ont été mesurées par Phelps; j'ai récemment analysé avec grand soin ses spectres L [9]. C'est encore le seul élément étudié à la fois dans ces deux domaines avec une bonne précision. Les erreurs sur Δ ne doivent pas dépasser 3 eV pour M_{IV} et M_V et environ 5 eV pour les autres niveaux M. On voit que M_{II} et M_{III} tombent à peu près dans ces erreurs, si bien que les absorptions M_{II} et M_{III} pourraient aboutir au même niveau final que L_{III}, ici $P_{IV,V}$. ΔM semble dépasser l'erreur expérimentale; on peut en outre remarquer que l'écart sur L_I calculé d'une manière analogue atteint la même valeur de 14 eV, qui est aussi la valeur du niveau $P_{II,III}$ calculée à partir de l'absorption L_{III} comme base. Il est donc vraisemblable que les niveaux L_I et M_I qui ont même $l(0)$ et $j(1/2)$, s'associent dans le mécanisme d'absorption avec le même niveau

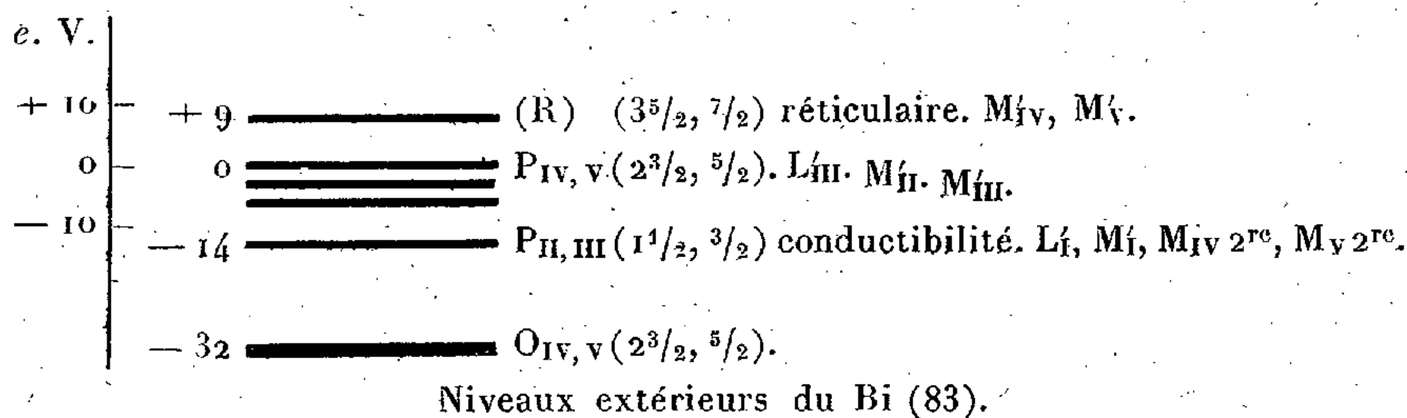
---

(9) Y. CAUCHOIS, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1136; 213, 1941, p. 92.

final : $P_{II,III}$(1 1/2, 3/2). Le niveau L_{III}(1 3/2) se combine avec $P_{IV,V}$(2 3/2, 5/2) 14 eV plus haut, tandis que M_{IV} et M_V(2 3/2, 5/2) s'associeraient avec un niveau réticulaire extérieur (désignons-le par R) distant de $P_{IV,V}$ d'environ 9 eV, auquel il est plausible d'attribuer les nombres quantiques 3 5/2 et 3 7/2. Or Krafft ([4]) a signalé pour le Bi deux discontinuités secondaires : l'une à $-1,7\nu/R$ de M_{IV}, l'autre à $-1,5$ de M_V; la séparation moyenne par rapport aux discontinuités principales, 22 eV, est pratiquement égale à la séparation $P_{II,III}R$; ces deux discontinuités secondaires doivent donc correspondre aux passages $M_{IV}M_VP_{II,III}$, avec les sauts permis, mais moins probables, $l = -1, j = -1$ ou 0.

Autre exemple : pour Ta le niveau final relatif à l'absorption L_I et sans doute aussi à M_I, se place à 7 eV au-dessus de $O_{IV,V}$. Les valeurs de M_{III} observées et calculées coïncident, donc le niveau final pour M_{III} est $O_{IV,V}$. Le niveau réticulaire relatif à M_{IV} et M_V est à 37 eV au-dessus de $O_{IV,V}$.

Ces quelques remarques montrent qu'il doit être possible d'établir une systématisation quantitative des niveaux extérieurs des atomes par la seule considération de leurs spectres X de grande fréquence. Celle-ci



Niveaux extérieurs du Bi (83).

permettra une détermination plus rationnelle de toutes les énergies caractéristiques. Des recoupements intéressants devront être faits avec les bandes d'émission des solides et les structures de Kossel et de Kronig, ainsi qu'avec les données de l'optique et de l'électronique, spécialement les travaux d'extraction des électrons des métaux, déduits de la réfraction des ondes de de Broglie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la nitrocellulose. Biréfringence des fibres de Ramie nitrées.* Note de M[lle] **Simone Perrier** et M. **Marcel Mathieu**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A l'aide du microscope polarisant et d'un quartz compensateur permettant des mesures de biréfringence, nous avons étudié l'influence de gélati-

nisants tels que la cyclopentanone et le nitrate de méthyle, sur des fibres de di- et de trinitrocellulose (11,8 et 13,8 % d'azote) baignant à température constante (40°) dans le liquide actif ou sa vapeur. Cette étude a permis de compléter les résultats déjà obtenus par les rayons X [1] et les mesures des propriétés mécaniques [2]. Nous avons pu, en même temps, faire quelques observations intéressantes sur la résistance des fibres au gélatinisant et sur la persistance des modifications apportées par celui-ci dans leur structure.

Toutes les mesures ont été effectuées à l'équilibre et en lumière monochromatique, avec un grossissement 80, sur des fibres homogènes, et aussi identiques que possible, d'une épaisseur voisine de 27$^{\mu}$ et renouvelées à chaque essai.

Action de la cyclopentanone. (*a*). *Absorption.* — Au cours de la gélatinisation, le signe optique des fibres de dinitrocellulose passe du + au —. Il reste négatif pour les fibres de trinitrocellulose mais, dans les deux cas, l'*action gélatinisante se traduit par une diminution de la biréfringence.*

La biréfringence se stabilise pour une concentration moléculaire voisine de $N_2 = 0,5$. (1^{mol} de gélatinisant pour un groupe en C_6 de nitrocellulose).

Cette concentration est aussi celle pour laquelle les diagrammes de rayons X se stabilisent. La concordance des résultats permet de dire qu'on atteint là un état structural stationnaire.

(*b*). *Dissolution.* — Pour les fibres de dinitrocellulose, la désagrégation commence au voisinage de $N_2 = 0,63$. Elle se manifeste par l'apparition d'irrégularités dans la fibre, puis de crevasses, au bout d'une heure la dissolution est complète. Pour $N_2 = 0,68$ elle est instantanée. Dans les fibres de trinitrocellulose, l'état stationnaire se maintient jusque vers $N_2 = 0,73$ (concentration en cyclopentanone dans l'hexane : $c = 50$ %.

Pour $N_2^{\cdot} 0,73$ ($c = 70$ %), elles disparaissent instantanément. *On remarque qu'au moment du passage en solution les fibres conservent encore une biréfringence notable.*

Nous avons constaté aussi que *l'épaisseur des fibres ne varie pas d'une façon appréciable au cours de l'absorption.* Ce n'est qu'au moment de la désintégration que les fibres gonflent avant de se disperser. On rappelle que les diagrammes de rayons X révèlent cependant un accroissement progressif de l'un des paramètres du réseau cristallin au cours de la gélatinisation.

---

(1) T. PETITPAS, *Journ. Chim. Phys.*, 37, 1940, p. 6.
(2) M. RAISON, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 147.

(c). *Désorption.* — Nous avons observé que *des fibres, ayant subi l'action de la cyclopentanone en solution dans l'hexane, gardent à froid et à l'air la biréfringence que leur a donnée le gélatinisant.* Cependant, dans le cas où la cyclopentanone agit par sa vapeur, nous avons constaté une légère diminution de la biréfringence (de l'ordre de 0,001). Au contraire, le

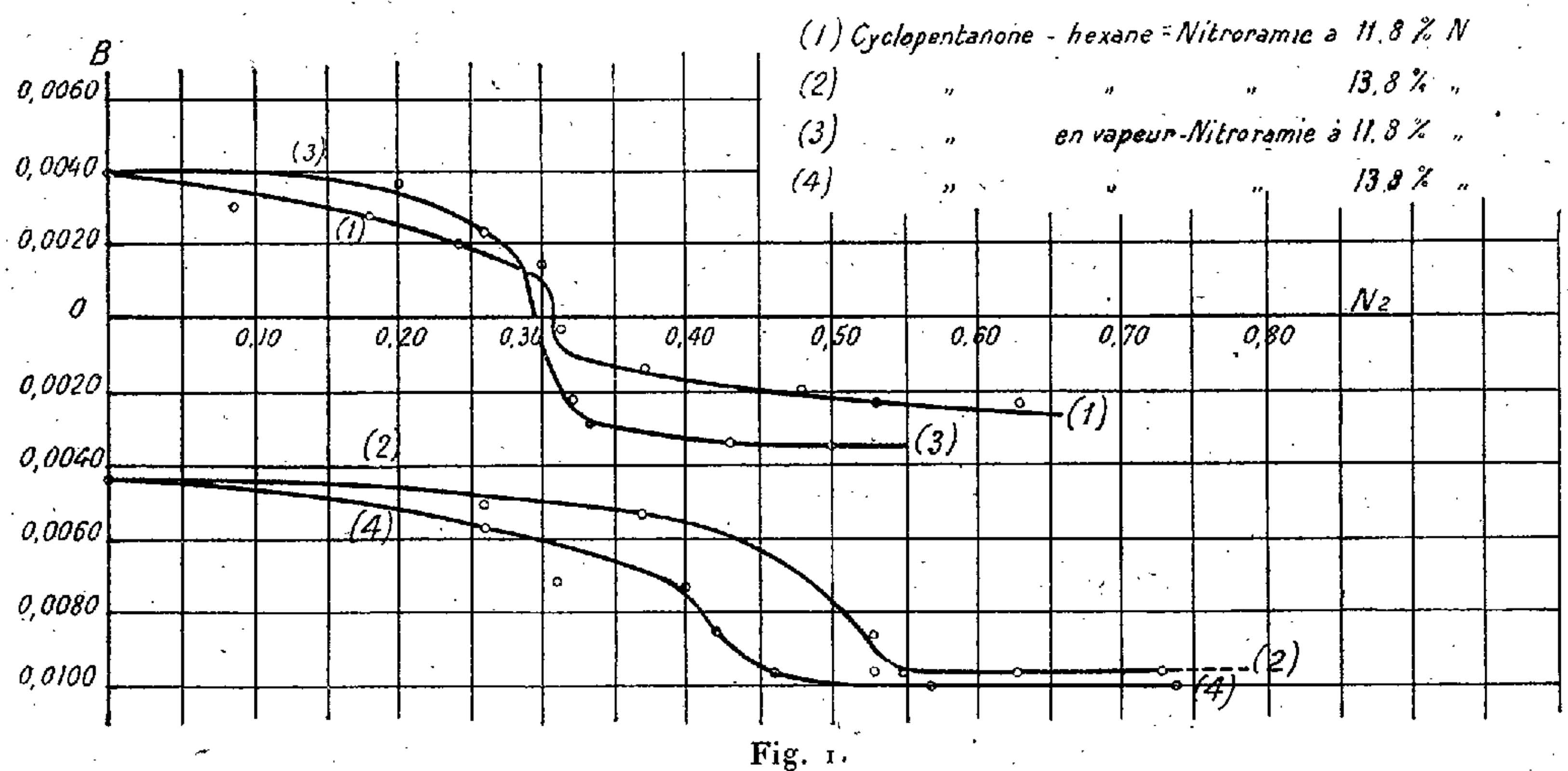


Fig. 1.

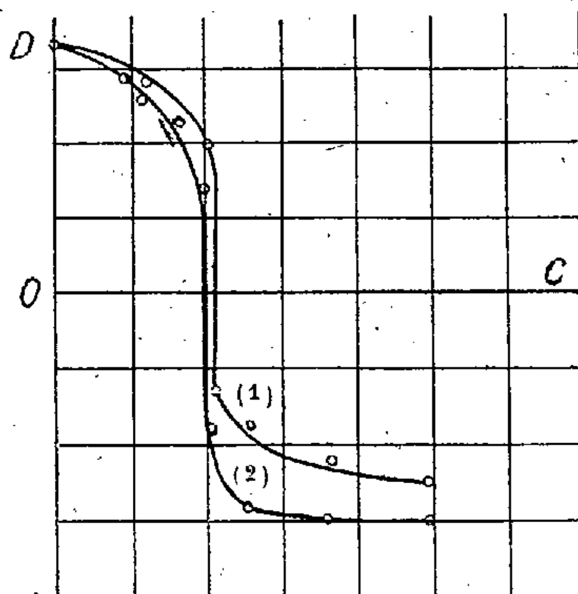


Fig. 2. — Action de la cyclopentanone en vapeur sur fibres habituées (1) et sur fibres neuves (2).

phénomène de désorption du gélatinisant par les fibres nitrées, semble être parfaitement reversible quand on étudie le phénomène par les rayons X.

Résistance des fibres habituées au gélatinisant. — Les courbes obtenues en gardant les mêmes fibres pendant toute une série d'expériences diffèrent légèrement de celles que l'on obtient en les renouvelant à chaque opération (*fig.* 2). Les fibres *habituées* peuvent résister beaucoup plus longtemps

que les neuves. Ainsi des fibres déjà utilisées pour des concentrations plus faibles peuvent tenir 15 minutes dans la vapeur de cyclopentanone pure, tandis que des fibres neuves disparaissent instantanément dans la vapeur d'une solution à 80 % de cyclopentanone dans l'huile de ricin.

Gélatinisation par le nitrate de méthyle. — Pour les fibres de trinitrocellulose, aucune variation de biréfringence n'a pu être observée. Les fibres résistent à la vapeur du nitrate pur, tandis que les fibres de dinitrocellulose s'y dissolvent pour $c = 48$ % (solution dans l'huile de ricin), bien que les variations de biréfringence soient encore très faibles.

Dans ce cas, les fibres reprennent, à peu de chose près, leur biréfringence initiale, après un temps d'exposition à l'air; on retrouve là encore un caractère déjà observé avec les rayons X : le nitrate de méthyle n'altère pas la structure des fibres de nitrocellulose. Il n'altère pas non plus leur texture tant qu'on n'est pas arrivé à la solubilité complète.

Avec le nitrate de méthyle, comme avec la cyclopentanone, on constate une résistance plus grande des fibres *habituées* au gélatinisant. Des fibres ayant servi aux mesures à 34 puis à 43 % résistent à une concentration voisine de 50 %, tandis que des fibres neuves disparaissent instantanément.

Les courbes ci-dessus sont tout à fait analogues à celles obtenues par K. Hess, dans son étude *sur les propriétés anisotropiques du camphre étiré pour différentes teneurs en camphre* (*Z. f. Phys. Chem.*, 149, IX, p. 371).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mécanismes de l'action des rayons ionisants sur l'eau.* Note de M. **Raymond Latarjet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

1. Les divers rayonnements ionisants agissent sur l'eau de la même manière. L'intensité de l'effet produit par l'un d'eux est fonction directe de l'ionisation qu'il détermine dans le liquide. Les travaux relatifs à cette question ont dégagé deux faits importants :

1° Le rayonnement entraîne une décomposition de l'eau en hydrogène et oxygène, véritable électrolyse sans électrodes (1). Une fraction de l'hydrogène se dégage; l'autre réagit sur l'oxygène naissant, pour donner de l'eau oxygénée, dont la formation répond finalement à la relation



(1) $$2H^2O \rightarrow H^2O^2 + H^2$$

2° L'irradiation produit une quantité bien moindre d'eau oxygénée

(1) A. Debierne, *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 703; *Le Radium*, 6, 1909, p. 65; W. Duane et O. Scheuer, *Le Radium*, **10**, 1913, p. 33.

lorsqu'elle porte sur de l'eau privée d'oxygène ([2]), ([3]). Son action oxydante sur un système oxydo-réducteur dissous dans l'eau (quinhydrone) disparaît si l'eau a été préalablement débarrassée d'oxygène ([4]). Ce nouveau fait démontre que l'eau oxygénée provient, non seulement de la décomposition directe de l'eau (premier processus), mais aussi d'un second processus ayant à son origine l'oxygène libre, dont l'activation représente un phénomène primaire important ([3]).

II. Recherchons quelles sont les quantités respectives d'eau oxygénée q_1 et q_2 formées par chacun de ces deux processus. Considérons, pour cela, l'effet d'une dose de 600 000 r de rayons X ($\lambda = 0,71$ Å) sur 5^{cm^3} d'eau distillée à pH 6, en couche épaisse de $6^{mm},25$. Sous cette épaisseur l'eau absorbe 60 % du rayonnement total. La charge totale développée par ionisation dans 1^{cm^3} du liquide est égale à $3,8.10^7$ u.e.s.

Au moyen de la réaction très sensible de Denigès ([5]), j'ai mesuré avec J. Loiseleur les quantités d'eau oxygénée formées, dans ces conditions, par centimètre cube d'eau.

a. Dans l'eau saturée d'oxygène contenant $8,4.10^{17}$ mol O^2 par centimètre cube (les processus 1 et 2 jouent) :

$$q_1 + q_2 = (1,4 \mp 0,1)\,10^{17} \text{ mol } H^2O^2.$$

b. Dans l'eau privée d'oxygène par ébullition de 20 minutes (le premier processus joue seul) :

$$q_1 = (3 \mp 1).10^{15} \text{ mol } H^2O^2 \quad (^6),$$

soit environ

$$\frac{q_2}{q_1} = 50.$$

Cette valeur de 50 suppose que, dans le cas *b*, l'oxygène libre a été totalement éliminé. Elle doit donc être considérée comme un minimum. Ainsi nous pouvons dire que l'eau oxygénée provenant de la décomposition directe de l'eau représente ici 1/50, au plus, du total. En d'autres termes,

---

([2]) O. Risse, *Z. für physik. Chemie*, 140, 1929, p. 113; C. V. Taylor, J. O. Thomas et M. G. Brown, *Physiol. Zool.*, 6, 1933, p. 467; H. Fricke, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 349; H. Fricke et E. R. Brownscombe, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 2358.

([3]) J. Loiseleur, R. Latarjet et T. Caillot, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 730.

([4]) J. Loiseleur et R. Latarjet, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1530.

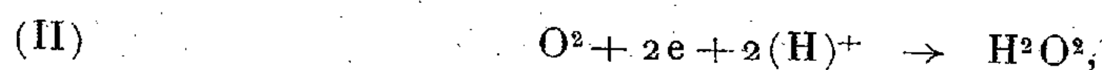
([5]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 196.

([6]) Cette dernière concentration se trouve à la limite de sensibilité de la méthode de dosage.

dans les conditions expérimentales précitées, *l'oxygène dissous joue, dans la radiooxydation, un rôle au moins 50 fois plus important que l'oxygène provenant de la décomposition directe de l'eau* [7].

III. L'analogie entre l'effet des rayons et l'électrolyse, constatée dans le premier processus, conduit à envisager pour le second les phases suivantes :

a. La molécule d'oxygène, une fois ionisée (effet primaire), se porte sur l'accepteur présent, les ions H^+, soit



(II) $$O^2 + 2e + 2(H)^+ \rightarrow H^2O^2,$$

réaction correspondant à celle de Traube, qui se produit au voisinage de la cathode dans l'électrolyse de l'eau sous faible voltage.

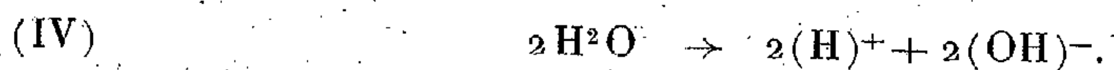
b. Les deux ions $(OH)^-$ correspondant à ces deux $(H)^+$ abandonnent leurs charges et donnent une molécule d'eau oxygénée



(III) $$2(OH)^- - 2e \rightarrow H^2O^2.$$

Cette réaction équivaut à celle qui, dans l'électrolyse, se déroule au voisinage de l'anode. Elle restitue les deux charges négatives empruntées par l'oxygène.

c. Les deux réactions précédentes entraînent la dissociation de deux molécules d'eau



(IV) $$2H^2O \rightarrow 2(H)^+ + 2(OH)^-.$$

Ce schéma du processus d'intervention de l'oxygène libre ne préjuge en rien des rapports chronologiques ou quantitatifs des différentes phases *a*, *b*, *c*, qui, pour être précisées, demandent d'autres faits expérimentaux.

L'ensemble des phénomènes précédents [relations (II), (III), (IV)], se traduit au total par le schéma



(V) $$2H^2O + O^2 \rightarrow 2H^2O^2$$

déjà proposé [8] pour interpréter l'intervention de l'oxygène dissous.

---

[7] *Remarques*. — 1° Comme il existe une radiodécomposition de l'eau oxygénée limitant le taux de celle-ci, on doit s'attendre à trouver un rapport q_2/q_1 d'autant plus élevé que la dose administrée est plus faible. 2° Les résultats de Duane et Scheuer [1] obtenus avec des rayons α, et l'observation de Nurnberger (*J. Phys. Chemistry*, **41**, 1937, p. 431) selon laquelle l'action des rayons α est indifférente à l'absence d'oxygène dissous, conduisent à envisager une diminution du rapport q_2/q_1 à mesure que le rayonnement devient moins pénétrant.

[8] H. Fricke, E. J. Hart et H. P. Smith, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 238.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les échanges électroniques dans l'eau soumise à l'action des rayons* X. Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Deux faits nouveaux permettent de préciser le mécanisme des échanges électroniques qui permettent à l'oxygène d'intervenir dans l'action des rayons X (¹). Le système considéré ici est constitué simplement par de l'eau et de l'oxygène dissous à l'état libre : l'irradiation aboutit à la formation d'eau oxygénée.

I. L'expérience montre d'abord que la quantité d'eau oxygénée formée par l'irradiation (²) dépend non seulement de la présence de l'oxygène, comme on le savait déjà, mais encore du pH, c'est-à-dire du nombre des ions H^+ susceptibles d'intervenir comme accepteurs de cet oxygène.

H^2O^2 *formée par une irradiation de* 600 000 r, *en fonction de la valeur initiale du* pH.

N° de l'expérience	1.	2.	3.	4.	5.	6.
pH initial	2,06	3,52	4,25	7,10	7,63	11,5
H^2O^2 mg/1000$^{cm^3}$	10	8	7,5	7,5	7	5

Les nombres de ce tableau impliquent la relation



$$\text{(1)}\qquad \begin{matrix} O^- \\ | \\ O^- \end{matrix} + 2H^+ \rightarrow H^2O^2$$

entre l'oxygène ionisé et les ions H^+ provenant de la dissociation de l'eau selon



$$\text{(2)}\qquad H^2O \rightarrow 2H^+ + 2OH^-.$$

Des ions OH^- deviennent disponibles dans cette réaction (2). La théorie de R. Latarjet (³) assimile leur sort à ce qui se passe dans l'électrolyse de l'eau : ils perdent leur charge et forment de l'eau oxygénée selon



$$\text{(3)}\qquad 2OH^- - 2e \rightarrow H^2O^2.$$

Il reste à expliquer comment l'oxygène s'ionise dans la réaction (1). Ce

(¹) J. Loiseleur, R. Latarjet et Th. Caillot, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 730; *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1530.

(²) Irradiation dans les conditions fixées dans les Notes précitées.

(³) R. Latarjet, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 73.

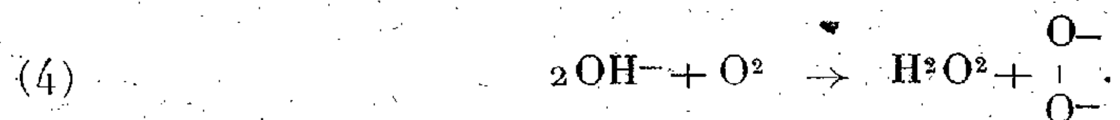
mécanisme apparaît dans l'analyse des réactions précédentes. En effet, si les phénomènes se succédaient dans l'ordre des réactions (1) et (3), c'est-à-dire s'il y avait d'abord une consommation d'ions H^+ en (1) et secondairement une réaction de combinaison des ions OH^- en (3), la réaction (1) entraînerait un déséquilibre initial en faveur des ions OH^-. On assisterait soit à une alcalinisation si la vitesse de (3) était inférieure à celle de (1), soit, tout au plus, au maintien du pH initial, si ces vitesses étaient égales, mais jamais à une acidification.

II. Or, bien au contraire, l'expérience montre que l'irradiation de l'eau entraîne constamment, dans tous les cas, une acidification notable ([4]);

Acidification de l'eau pure, non tamponnée, consécutivement à l'administration d'une dose de 600 000 *r*.

Expérience....	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*
pH avant irradiation......	5,40	5,49	5,72	6,34	5,51	5,62
pH après irradiation......	3,63	5,10	4,93	5,85	5,10	5,38
ΔpH....................	1,77	0,39	0,79	0,49	0,41	0,24
H^2O^2 mg pour 1000^{cm^3}....	8	8	8	8	8	6

D'après le raisonnement précédent, cette acidification implique que la réaction (3) a été la réaction primaire : d'où le mécanisme ci-après de l'ionisation de l'oxygène. La réaction (3) étant primaire, c'est donc qu'à ce moment l'oxygène n'était pas encore ionisé et que l'ionisation est sous la dépendance de la réaction (3). *L'ionisation de l'oxygène apparaît ainsi comme le résultat du transfert direct, sous l'action des rayons* X, *des électrons de deux ions* OH^- *sur la molécule d'oxygène* O^2, *selon la réaction couplée*



(4) $$2OH^- + O^2 \rightarrow H^2O^2 + \begin{matrix} O^- \\ | \\ O^- \end{matrix}.$$

Le cycle complet de l'ionisation de l'oxygène implique ainsi la succession des réactions (4) et (1).

En résumé, considérée comme un transfert d'électrons, l'irradiation

---

([4]) Mesurée par l'électrode de verre (précision = 0,03 pH). Cette acidification est à rapprocher de celle qui a été constatée par de nombreux auteurs dans le protoplasma des cellules irradiées. Mais le fait est alors d'une interprétation beaucoup plus difficile.

apparaît comme une réaction d'oxydation en chaîne ([5]), comportant, avant le récepteur définitif H^+, l'oxydation de l'ion OH^- couplée avec l'ionisation de l'oxygène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension de vaporisation et tension de sublimation.* Note de M. **Jean-P.-E. Duclaux**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La tension de vapeur d'un liquide varie en fonction de la température suivant la loi ([1])

$$\text{(1)}\qquad \operatorname{Log}\frac{P}{P_c} = n\operatorname{Log}\frac{T}{T_c} + C\frac{T(T-T_t)(T_c-T)}{(T+A)^3},$$

P_c et T_c étant la pression et la température critiques, T_t la température au point triple, A et C ayant respectivement les valeurs

$$\text{(2)}\qquad A = \frac{T_T}{2}\left[\left(\frac{2T_c}{T_T}-1\right)^{\frac{4}{3}}-1\right],$$

$$\text{(3)}\qquad C = \frac{7}{5}\log e\left(n-\frac{7}{2}\right).$$

J'ai conclu de ces relations que la courbe $P = f(T)$ est entièrement définie par les coordonnées des points triple et critique.

Cependant de nombreux calculs seront encore nécessaires pour décider si la valeur de C donnée par la relation (3) est tout à fait exacte ou seulement approchée; pour l'instant considérons C comme une constante indépendante.

Si l'on appelle *points de base* les points triple et critique, il est nécessaire et suffisant, d'après la forme de la loi (1), pour déterminer la courbe, d'en connaître soit les deux points de base et un point quelconque, soit un point de base et trois points quelconques, soit cinq points quelconques.

Il est donc possible de calculer, *a priori*, à partir de mesures de tension de vapeur, la température critique et la température au point triple. Ce travail a été fait.

([5]) Cette théorie peut être étendue à un système quelconque, privé d'oxygène, dans un milieu abiotique, à condition que le système comporte simultanément un donateur d'électrons (jouant le rôle présent des ions OH^-) et un récepteur (jouant celui de l'oxygène).

([1]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 482 et 213, 1941, p. 674; *Journ. Chim. Phys.*, 38, nov. 1941, p. 78.

J'ai tenté d'appliquer la formule à la représentation de la tension de *sublimation*; on connaît ici un point de base, le point triple, mais on ne connaît pas le point critique, qui n'a pas de signification physique évidente. Si la formule s'applique, elle permet de définir un point que j'appellerai le point critique virtuel.

Pour CO^2, on obtient une bonne représentation des résultats expérimentaux en confondant la température critique virtuelle et la température critique du liquide; la pression critique virtuelle est alors beaucoup plus élevée que la pression critique.

Contrairement à ce que j'avais tout d'abord pensé, la loi s'applique donc à la sublimation, avec les mêmes valeurs de T_c, T_t que pour la vaporisation, mais d'autres valeurs de n, C et P_c.

Pour essayer d'aller plus loin, et d'après les résultats relatifs à CO^2, j'ai admis, à titre d'essai, que le rapport C/n était le même dans les deux cas.

Cette hypothèse permet de représenter, par la même loi suivante, les tensions de vaporisation et de sublimation

$$(4) \qquad \frac{1}{\beta}\operatorname{Log}\pi = n\operatorname{Log}\theta + 4\,C\,\frac{\theta(\theta-1)(1+a^2-2\theta)}{(2\theta+a-1)^3}.$$

Dans cette formule, qui est une simple transformation algébrique de la formule (1), π est le rapport de la pression à la pression au point triple, θ est le rapport de la température à la température au point triple, a est donné par la relation

$$a = \left(\frac{2\,T_c}{T_t} - 1\right)^{\frac{1}{3}}.$$

β est égal à 1 dans le cas de la vaporisation, et est une constante caractéristique du corps dans le cas de la sublimation; toutes les autres constantes ont, dans les deux cas, même valeur et même définition que dans la formule (1).

La valeur de β peut se calculer *a priori*. C'est simplement, d'après la formule de Clapeyron, le rapport de la chaleur de sublimation au point triple à la chaleur de vaporisation en ce même point.

Pour l'eau, par exemple, la valeur de β est 1,1334.

En donnant aux constantes de la formule (1) les valeurs

$$T_c = 273{,}14 + 374{,}11, \qquad P_c = 218{,}17 \text{ atm};$$
$$T_t = 273{,}14 + 0{,}01, \qquad n = 73/6, \qquad C = 5{,}04276;$$

la pression de vapeur de l'eau est bien représentée entre les points triple

et critique. En prenant, dans la formule (4), les mêmes valeurs des constantes et de plus pour β la valeur 1,1334, on peut calculer les pressions de vapeur de la glace. La courbe que l'on peut ainsi tracer passe au milieu des points expérimentaux; elle donne par exemple :

t...........	−16.	−40.	−80,64.
P calc.......	1,121	0,091	0,00029
P mes.......	1,128	0,093	0,00029

J'ai trouvé des concordances analogues entre le calcul et l'expérience pour CO et CO^2.

La formule (1), déjà vérifiée entre les points triple et critique, reste donc exacte dans un intervalle considérablement étendu du côté des basses températures.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du silicium dans l'aluminium commercial et dans ses alliages.* Note de M. **Arnold Lassieur** présentée par M. Marcel Delépine.

On admet qu'en attaquant l'aluminium commercial ou l'un de ses alliages, soit par la lessive de soude, soit par certains acides, le silicium de l'échantillon passe à l'état de silice qu'une évaporation à sec, en milieu sulfurique, insolubilise et permet de séparer et de peser. Il n'est cependant pas certain que la réaction se produise ainsi, tout au moins dans le cas de l'attaque acide. En traitant diverses siliciures métalliques par les acides, on a obtenu des substances nommées silicones ou leucones dont la nature n'est pas fixée avec certitude, mais qui paraissent être des anhydrides inférieurs du silicium plus ou moins hydratés. Boudouard ([1]) a montré que l'attaque des fontes par l'acide chlorhydrique transforme une partie importante du silicium qu'elles contiennent en un mélange d'anhydride siliciformique $Si^2O^3H^2$ et d'acide silicioxalique $Si^2O^4H^2$ en proportions variables. Ces produits rentrent sous la dénomination de silicones. On verra plus loin l'utilité des remarques que je viens de faire.

Les méthodes officielles de dosage du silicium dans l'aluminium sont décrites dans la norme A 32-11 établie par l'Association française de normalisation. La moins compliquée consiste en une attaque du métal par le

([1]) *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1528.

mélange sulfonitrique suivie d'une évaporation jusqu'à production d'abondantes fumées sulfuriques. Les quantités de réactifs utilisées sont considérables. Elles conduisent pour une prise d'essai de 3^g de métal à la volatilisation de 100^{cm^3} d'acide nitrique D 1,33 et d'une notable partie de l'acide sulfurique mis en œuvre : 60^{cm^3}. La dispersion d'une telle quantité de vapeurs corrosives, le temps nécessaire à l'opération, les risques de projection du produit en cours d'évaporation ainsi que la difficulté de dissolution dans l'eau du résidu obtenu rendent ce dosage rebutant.

En recherchant une modification avantageuse de ce mode opératoire, j'ai constaté qu'une attaque du métal, faite dans des conditions telles que le liquide obtenu finalement renferme au moins 50 % d'acide sulfurique en volume, amène tout le silicium sous une forme insoluble fournissant de la silice par calcination. L'évaporation à sec est évitée.

Il convient d'opérer comme il suit : dans un becher de 400^{cm^3} on introduit 20^{cm^3} d'acide nitrique D = 1,33; 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique D = 1,19 et 20^{cm^3} d'acide sulfurique D = 1,80. Trois grammes du métal en fins copeaux sont ajoutés à ce liquide bouillant, en quatre ou cinq fractions, en attendant après chaque addition que l'action soit calmée. En fin d'opération le liquide doit être réduit au volume de 40^{cm^3} au plus, point essentiel. Après dilution par 200^{cm^3} d'eau chaude, on filtre, on lave et l'on calcine le précipité, comme à l'ordinaire. On pèse enfin la silice obtenue. Elle est pure et exempte de silicium métalloïdique. La volatilisation par l'acide fluorhydrique change à peine le résultat, on peut donc s'en dispenser, ainsi que de la fusion habituelle avec les carbonates alcalins en vue d'oxyder le silicium présent. Le dosage est rapide. L'attaque demande 30 à 40 minutes. La filtration de la silice s'opère très bien et toute la détermination peut être exécutée en 1 heure 30 minutes.

Cette méthode a été appliquée à de nombreux alliages d'aluminium et fournit des résultats identiques à ceux obtenus en suivant les prescriptions de la norme A32-11. La séparation du silicium est quantitative. Il n'a été, en effet, retrouvé dans les eaux mères que des quantités infimes de silice, de l'ordre de $0^{mg},5$. L'économie de travail et de temps est considérable et l'opération se prête aux dosages en série. Le mode opératoire qui vient d'être décrit convient aux alliages pauvres en silicium y compris le duralumin. Avec les alpax, on observe toujours une abondante séparation de silicium, qu'il faut fondre avec les carbonates alcalins, comme à l'ordinaire. Le produit de la fusion est repris par l'eau et la solution obtenue est jointe au liquide acide de l'attaque. Le tout est évaporé de manière à réaliser la concentration convenable en acide sulfurique. Les résultats sont excellents. Ainsi, un même échantillon d'alpax, analysé selon la méthode classique par deux laboratoires différents et spécialement qualifiés, présente

comme teneur en silicium Si 12,30 et 12,40. L'analyse selon ma méthode donne Si 12,51 et il est possible de récupérer par une évaporation à sec des eaux mères de la filtration de la silice 2^{mg} SiO^2, portant la teneur définitive à 12,58. Cette différence entre 12,51 et 12,58 est bien faible et, sauf le cas d'une analyse très rigoureuse, je crois qu'il est inutile d'introduire la complication d'une évaporation à sec des eaux mères.

En vue de vérifier la méthode, j'ai préparé des essais synthétiques à partir d'aluminium pur et de silice précipitée fondue avec du carbonate de sodium. Les résultats du dosage de silicium laissent à désirer, une certaine quantité de silice pouvant atteindre 8^{mg} restant en solution. Au contraire, quand il s'agit d'alliages d'aluminium, la quantité de silice échappant au dosage est très minime et négligeable, sous les réserves ci-dessus relatives aux alpax.

Ces différences me portent à croire que l'attaque des alliages d'aluminium produit non pas de la silice, mais de ces silicones mal connues que la calcination transforme en silice soumise à la pesée. C'est un point que je me propose d'examiner.

L'extension de cette méthode aux métaux ferreux paraît possible. Dans un grand nombre d'exemples et pour des teneurs quelque peu notables en silicium, j'ai eu toute satisfaction. Des résultats moins favorables sont obtenus avec les aciers à faible teneur en silicium, dont le dosage exige une étude en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des esters de l'acide arsénieux.* Note de M. **André Dupire**.

Après avoir préparé 16 esters arsénieux d'alcools relativement simples et déterminé leurs caractéristiques [1], nous nous sommes attaché à préparer les esters d'alcools tant à fonctions complexes que de poids moléculaires élevés.

Nous nous sommes servi d'un appareillage spécial pour l'estérification et la distillation sous vide [2].

L'estérification est d'autant plus pénible que l'alcool de départ bout à une température plus élevée; l'anhydride arsénieux ayant tendance à se

(1) P. Pascal et A. Dupire, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 14.
(2) A. Dupire, *Doc. Scientifique*, 2, 1933, p. 139 et 225.

dissoudre dans l'ester formé et, contrairement à ce qu'il était permis d'espérer, ne s'estérifie pratiquement plus.

La vitesse d'estérification est maximum pour les alcools primaires en C^7 ainsi que pour les diols bi-primaires.

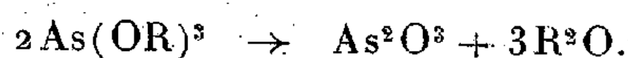
Avec l'élévation du poids moléculaire, cette vitesse diminue beaucoup et, dans certains cas, l'ester formé est entraîné avec le solvant.

Les phénols, alcools secondaires et halogénés s'estérifient très difficilement. Par contre, les cycloacétals de la glycérine s'estérifient très facilement et, ce fait pourrait constituer une méthode pour reconnaître la qualité de l'oxydryle. Il en résulte que l'on obtient, en fin de compte, un mélange contenant l'ester, l'anhydride arsénieux dissous, l'alcool qui n'a pas réagi et le solvant entraîneur d'eau.

En diluant ce mélange avec une grande quantité de solvants inertes tels que benzène, toluène, éthers de pétrole, on arrive à séparer par filtration une partie de l'anhydride arsénieux dissous, mais jamais la totalité. Dans le cas des phénols, il ne se sépare presque rien.

Lors de la distillation sous vide, après avoir chassé les solvants, l'alcool de départ, l'ester distille et, suivant la nature de l'alcool, l'anhydride arsénieux dissous distille lui aussi tantôt au début du passage de l'ester, tantôt vers la fin.

Pour éviter la redissolution de l'anhydride arsénieux dans l'ester arsénieux, il est indispensable de refroidir très énergiquement, et en fait, on obtient un véritable lait qui, avec le temps, se décante plus ou moins rapidement. La partie claire est alors redistillée autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir enfin un distillat bien limpide. Les distillations doivent être conduites très rapidement ; la moindre surchauffe provoque le crackage de l'ester suivant l'équation



$$2As(OR)^3 \rightarrow As^2O^3 + 3R^2O.$$

Dans ce cas, c'est un corps de plus à séparer, mais, avec les alcools complexes, d'autres décompositions se produisent avec séparation d'arsenic, arsines etc.

Analyse des esters. — Les esters arsénieux s'hydrolysent d'autant plus facilement que l'alcool de départ est plus soluble dans l'eau; dans ce cas, la méthode iodométrique donne d'excellents résultats.

Avec les autres, les phénols notamment, il est nécessaire de détruire la molécule par le mélange sulfuro-nitrique dans un appareil que nous avons conçu spécialement pour cet usage ([3]).

([3]) *Ibid.*, 1, 1932, p. 194.

L'arsenic y est dosé sous la forme pentavalente usuelle.

Nous groupons sous forme de tableau les points d'ébullition, les densités, les indices pour la raie D et le pouvoir réfringent R_{As} (Formule n^2), calculé pour As.

La nature visqueuse de la plupart des esters rendait peu praticable les déterminations magnétiques.

Alcool.	Eo/mm.	D_0.	N_{D_0}.	R_{As}.
Éthyl-2 hexanol	215/8	1,044/20°	1,4563/20°	7,53
Dodécanol-1	300/15	0,980/22	1,5400/22	6,4
Octadécen-9 ol-1	305/8	0,968/22	1,4779/22	8
Acétyl-2 éthanol-1	145/6	1,549/23	1,4860/23	8,22
Ortho-méthylcylohexanol	208/6	1,126/21	1,4969/21	8,89
Lactate d'éthyle	165/5	1,348/20	1,4790/20	7,93
Lactate de butyle	235/6	1,174/23	1,4552/23	7,87
Propane diol-1.2	190/16	1,618/22	1,5096/22	7,39
Butane diol-1.3	215/15	1,462/21	1,4967/21	7,47
Chloro-1-propane diol-2.3	220/25	1,753/24	1,5532/24	8,92
Éthylidène-dioxypropanol-1.2	190/15	1,300/22	1,4819/22	12,65
Cyclohexylidène-dioxypropanol-1.2	350/12	1,245/22	1,5128/22	13,40
Ortho-crésol	262/15	1,299/23	1,5933/23	6,23
Méta-crésol	280/22	1,306/21	1,5922/21	6,69
Para-crésol (F 32°)	250/5	1,332/23	1,5935/23	7,70

L'invariance du module réfractométrique est assez générale, et, entre 6,50 et 7,50, avec les esters décrits antérieurement [1], il est permis d'en compter 19 sur 31.

On retrouve la même exaltation pour la substitution halogénée ainsi que pour la double liaison.

Avec les multiples cycles des esters des cycloacétals de la glycérine, les résultats sont tout à fait inattendus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'acétylation pyridinique des glucides.* Note [1] de M. **Alfred Leman**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant en vue la mise au point d'une méthode de dosage des hydroxyles de divers glucides, nous avons étudié leur acétylation pyridinique suivant la technique indiquée par MM. Delaby et Sabetay [2] pour le dosage des

[1] Séance du 29 décembre 1941.
[2] *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 1716-1724.

alcools primaires et secondaires, et appliquée par nous aux naphtols ([3]). Sans doute s'est-elle révélée comme un moyen rapide et précis de dosage de ces divers fonctions hydroxylées, mais ne sera-t-elle pas gênée par la présence de la fonction aldéhyde? D'après Delaby et Sabetay les aldéhydes eux-mêmes sont à peine touchés.

Nos premières recherches concernent 2 aldohexoses, le glucose et le galactose; 2 diholosides, un non réducteur, le saccharose, et un réducteur, le lactose; 2 holosides complexes, l'amidon et la cellulose.

On sait que l'acétylation pyridinique fournit les dérivés acétylés des formules oxydiques, l'hydroxyle libre du groupe pseudo-réducteur se transformant lui-même en dérivé acétylé ([4]). L'acétylation pourra donc porter, dans le cas des aldohexoses, sur 4 hydroxyles alcooliques et l'hydroxyle du groupe pseudo-réducteur, dans le cas du lactose, sur 7 hydroxyles alcooliques et l'hydroxyle du groupe pseudo-réducteur; dans le cas du saccharose, sur 8 hydroxyles alcooliques.

Nous avons utilisé *le mode opératoire* suivant : dans un ballon à saponification de 100^{cm^3} une quantité connue de glucide, $1/n.100$ molécule si elle renferme n hydroxyles libres, est mélangée à 5^{cm^3} d'un mélange acétylant formé d'un volume d'anhydride acétique et de deux volumes de pyridine. On maintient le ballon dans un bain-marie bouillant pendant un certain temps. Pour détruire l'excès d'anhydride nous ajoutons alors 50^{cm^3} d'eau et maintenons 15 minutes à 100°, en agitant de temps en temps. Après refroidissement nous dosons par HONa N/1 en présence de phtaléine.

Pendant la réaction il est nécessaire d'agiter fréquemment, les glucides ne se dissolvant pas de suite dans le mélange acétylant. La *dissolution* se poursuit peu à peu, probablement par suite de la transformation en dérivé acétylé, et demande pour être totale environ 10 minutes pour le glucose, 40 minutes pour le galactose, 25 minutes pour le saccharose et 120 minutes pour le lactose. Quant à l'amidon et à la cellulose, ils semblent être complètement insolubles.

Les solutions, incolores dans le cas du saccharose, prennent une coloration jaunâtre dans le cas du glucose et du lactose, et jaune plus foncé dans le cas du galactose. Malgré cela le *virage* à la coloration rose de la phtaléine lors du dosage est net, tout en étant un peu plus délicat à observer dans le cas du galactose.

Nous avons enfin remarqué que les dérivés acétylés qui se sont formés sont *facilement saponifiés*, à froid, par un léger excès de HONa, dans le

---

([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 579-851; *Ann. de Chimie*, 11e série, **9**, 1938, p. 388.

([4]) Cf. *Traité de Chimie organique*, Paris, **8**, 1938, p. 249.

cas du glucose et du galactose, un peu moins pour le lactose, et encore moins rapidement pour le saccharose.

Nous indiquons ici quelques *taux d'acétylation* calculés, par rapport à un essai à blanc, en tenant compte de cinq hydroxyles libres par molécule de glucose ou de galactose, et de huit par molécule de saccharose ou de lactose.

Minutes......	0 (*).	30.	60.	120.	180.
Glucose........	0	84,0	91,9	88,8	91,1
Galactose	–	–	70,7	90,1	91,1
Saccharose	0	98,6	96,3	99,0	100,1
Lactose	–	72,9	86,7	89,1	98,9

(*) En faisant agir le mélange acétylant sur le glucide en présence de 50^{cm^3} d'eau.

Dans le cas des holosides complexes le taux d'acétylation, nul pour la cellulose, est peut-être de 1 à 2 % pour l'amidon. Ces résultats négatifs tiennent probablement à leur insolubilité dans le milieu de réaction.

D'après nos résultats il semble que, après un certain temps de réaction, les *diholosides* fournissent un taux d'acétylation de 100 %, et même très exactement dans le cas du saccharose, le seul glucide non réducteur mis en œuvre. Dans le cas des *aldohexoses* au contraire, on atteindrait une limite voisine de 90 %.

On pourrait expliquer cette acétylation moins complète des aldohexoses en admettant : — soit la formation d'une certaine proportion de glucosanes sous l'action de l'anhydride acétique à 100°; dans le cas du glucose, la formule des glucosanes ne renferme plus que trois hydroxyles libres; — soit la formation d'hydroxyméthylfurfural (un hydroxyle libre); — soit une acétylation rapide des hydroxyles alcooliques et lente de l'hydroxyle pseudo-réducteur; — soit une hydrolyse plus ou moins complète, dans l'action de l'eau pendant 15 minutes à 100°, du groupe acétyle du carbone pseudo-réducteur, ce groupe étant moins solidement attaché que les autres.

Conclusions. — 1° Par action à 100° de l'anhydride acétique en milieu pyridinique sur les glucides, l'acétylation des hydroxyles est très importante dans le cas des aldohexoses, glucose et galactose, et des diholosides, saccharose et lactose. Elle est pratiquement nulle dans le cas des osides complexes, amidon et cellulose.

2° En présence d'eau et à chaud l'acétylation est nulle dans tous les cas.

3° L'acétylation est pratiquement complète pour le saccharose après

30 minutes et pour le lactose après 3 heures; elle atteint 90 pour 100 environ pour le glucose en 1 heure et pour le galactose en 2 heures.

4° A condition de laisser réagir pendand plusieurs heures et d'utiliser un mélange à 33 pour 100 d'anhydride la technique courante d'acétylation pyridinique peut être appliquée au dosage du saccharose et du lactose, mais non à celui du glucose et du galactose. Nous continuons nos recherches en vue de déterminer les conditions favorables à ces dosages.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse du phtiocol et de ses homologues.* Note (1) de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Almquist et Klose (2) ont montré que le phtiocol est la plus simple des vitamines K, et des observations cliniques ont récemment mis en évidence l'intérêt thérapeutique de ce composé (3). Les méthodes de préparation du phtiocol proposées jusqu'ici reposent sur l'oxydation de la 3-méthyl-1.4-naphtoquinone et ne sont satisfaisantes ni en théorie, ni dans la pratique. Au cours d'une étude sur les cétones-aniles, Pfeiffer et Hesse (4) ont observé que la nitrosodiméthylaniline se condense avec l'α-tétralone pour donner une di-azométhine hydrolysable en 2-hydroxy-1.4-naphtoquinone. Nous montrons ici que cette réaction est tout à fait générale; elle s'applique aussi bien aux α-tétralones substituées de diverses façons qu'à certains cétotétrahydrophénanthrènes. Le résultat pratique de notre étude est un moyen de réaliser facilement la synthèse totale du phtiocol et de ses homologues : par exemple, la 3-méthyl-α-tétralone (I) se combine avec 2^{mol} de $NO{-}\underset{(4)}{C^6H^4}{-}N(CH^3)^2$ (II) pour donner l'azométhine (III) qui fournit quantitativement par hydrolyse le 3-méthyl-1.2.4-

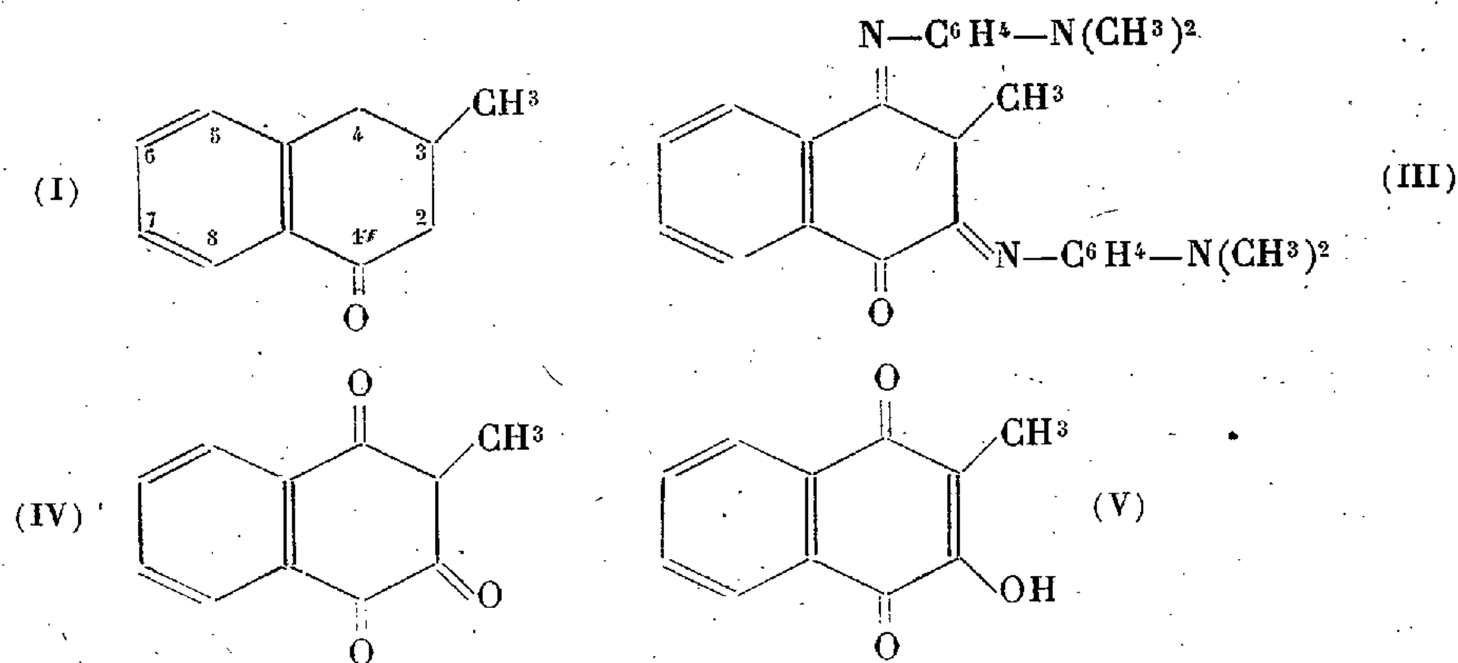
(1) Séance du 5 janvier 1942.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1611.

(3) Butt, Snell et Osterberg, *Chem. Centralblatt*, 1, 1940, p. 84.

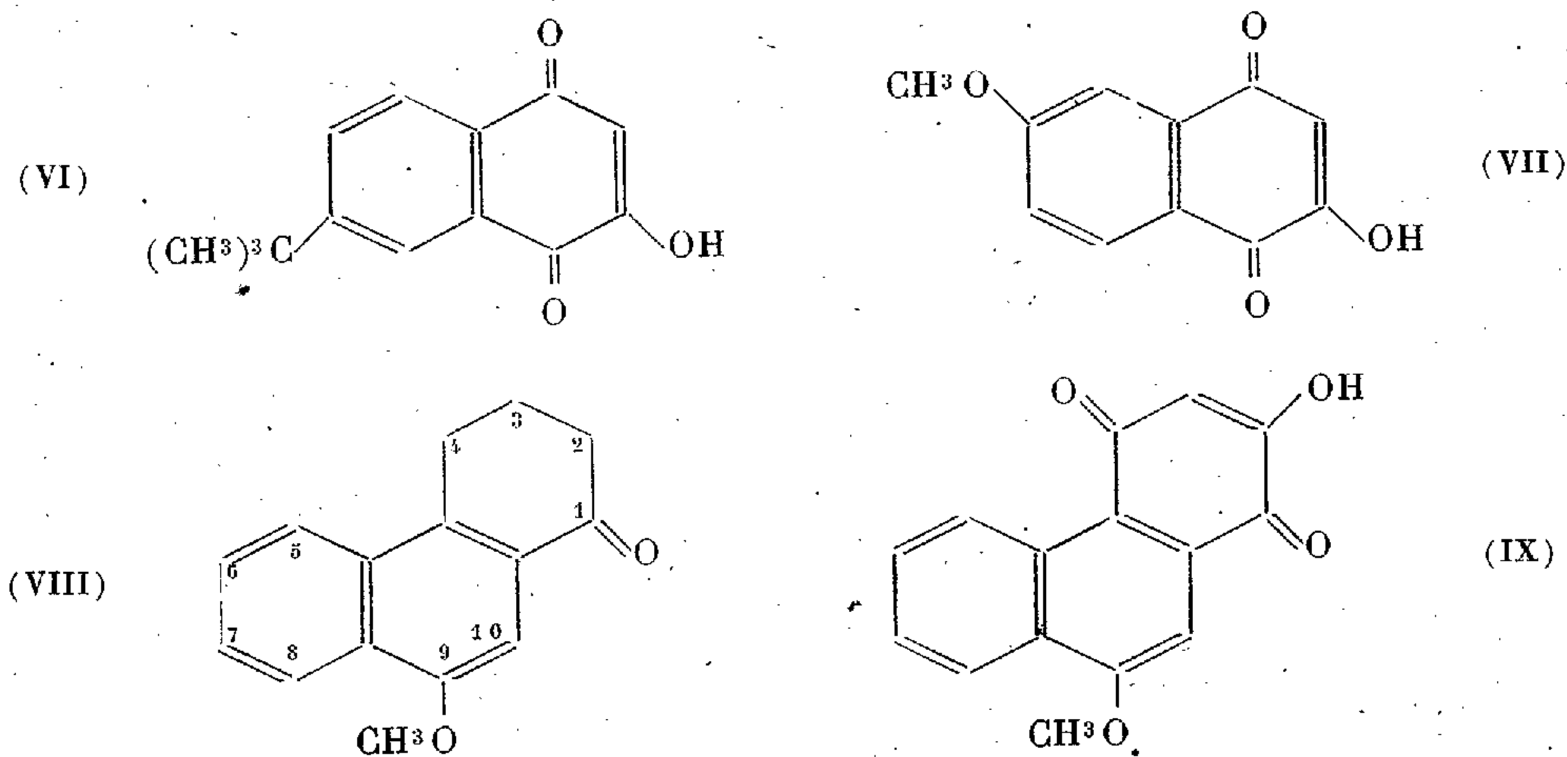
(4) *J. prakt. Chem.*, 158, (N. F.), 1941, p. 315.

tricétotétrahydronaphtalène (IV) dont le phtiocol est la forme énolique :



Les tétralones du type (I) s'obtiennent par condensation de Reformatzki entre le bromacétate d'éthyle et les diverses benzylalcoylcétones, déshydratation des esters-alcools formés, hydrogénation des esters crotoniques, saponification et cyclisation.

Nous avons obtenu ainsi, outre (V), les 3-éthyl- et 3-propyl-2-hydroxy-1.4-naphtoquinones que Hooker [5] avait déjà synthétisées par une voie toute différente et bien moins générale que la nôtre. De plus, nous avons préparé, à partir des tétralones correspondantes, la 7-terbutyl-2-hydroxy-1.4-naphtoquinone (VI) et la 6-méthoxy-2-hydroxy-1.4-naphtoquinone (VII) ou éther méthylique d'un isomère de l'oxyjuglone.



[5] *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, pp. 1167 et 1174.

Enfin la cétone (VIII) ([6]) nous a conduit à la 9-méthoxy-2-hydroxy-1.4-phénanthrènequinone (IX). Notons pour terminer que la 2-diméthyl-α-tétralone ne donne pas d'azométhine avec la nitrosodiméthylaniline (II), que la 2-méthyl-α-tétralone traitée selon notre procédé, n'a pas donné de phtiocol, et que la benzosubérone se combine aussi à la nitrosodiméthylaniline (II), mais sans que nous ayons pu isoler l'azométhine.

Partie expérimentale. — 1° (I) E_{9-10} 142-143°, semicarbazone F 177°. On traite 34g de bromacétate et 28g de $C^6H^5—CH^2—CO—CH^3$ dans 100cm³ C^6H^6 par 13g de Zn. On obtient 37g de β-hydroxy-β-méthyl-γ-phénylbutyrate d'éthyle $C^{13}H^{18}O^3$ E_{9-10} 160-162° qu'on déshydrate par 2 heures de chauffage avec son poids de P^2O^5 dans C^6H^6 en β-méthyl-γ-phénylcrotonate d'éthyle $C^{13}H^{16}O^2$ E_{9-10} 149-153°; celui-ci, hydrogéné par Pt dans l'alcool puis saponifié, donne l'acide β-méthyl-γ-phénylbutyrique $C^{11}H^{14}O^2$ E_7 167-170° qui est transformé en chlorure par $SOCl^2$, et cyclisé par $AlCl^3$ dans C^6H^6; 2° 3-éthyl-α-tétralone $C^{12}H^{13}O$ E_7 148-150°, semicarbazone F 171-172°. Se prépare à partir de $C^6H^5—CH^2—CO—C^2H^5$ (obtenu en traitant le chlorure de benzylmagnésium par le propionitrile) qui donne le β-hydroxy-β-éthyl-γ-phénylbutyrate d'éthyle $C^{14}H^{20}O^3$ E_{14-15} 175-177° déshydraté en β-éthyl-γ-phénylcrotonate d'éthyle $C^{14}H^{18}O^2$ E_{11} 152-154° lequel est hydrogéné et saponifié en acide β-éthyl-γ-phénylbutyrique $C^{12}H^{16}O^2$ E_{7-8} 175-177°; 3° 3-propyl-α-tétralone $C^{13}H^{15}O$ E_{8-9} 160-163°, semicarbazone F 183-185° : se prépare à partir de $C^6H^5—CH^2—CO—CH^2—C^2H^5$ (obtenu en traitant le chlorure de benzylmagnésium par le *n*-butyronitrile), qui donne successivement le β-hydroxy-β-propyl-γ-phénylbutyrate d'éthyle $C^{15}H^{22}O^3$ E_9 171-172°, le β-propyl-γ-phénylcrotonate d'éthyle $C^{15}H^{20}O^2$ E_{8-9} 159-161°, et l'acide β-propyl-γ-phénylbutyrique $C^{13}H^{18}O^2$ E_{13} 192-193° (cet acide, ainsi que ses deux homologues inférieurs décrits plus haut, est liquide); 4° (V) : 2g de (I) et 4g de (II) sont dissous dans le moins possible d'alcool et l'on ajoute 2cm³ de soude aqueuse à 10% : la couleur vire très rapidement au brun et bientôt on obtient l'azométhine sous forme d'une huile brune, incristallisable, soluble dans l'alcool, et qui s'hydrolyse totalement par ébullition d'une heure avec 100cm³ de SO^4H^2 à 5%; le phtiocol est extrait à l'éther, la solution éthérée épuisée plusieurs fois par la soude aqueuse à 5%, et les liqueurs alcalines acidifiées par ClH dilué : le phtiocol précipité est cristallisé dans le méthanol aqueux. On obtient ainsi avec d'excellents rendements, des aiguilles jaunes F 173°, sublimables vers 140-150°, donnant un sel de Na en forme d'aiguilles rouges et un sel d'Ag; 5° 3-éthyl-2-hydroxy-1.4-naphtoquinone : se prépare exactement comme pour le phtiocol. On a des aiguilles jaune vif F 138° (en un liquide rouge) donnant un sel de Na rouge; 6° 3-propyl-2-hydroxy-1.4-naphtoquinone : longues aiguilles jaunes soyeuses ou petits cristaux brun rouge F 101° (en un liquide rouge), donnant également un sel de Na rouge; 7° condensation de la 6-méthoxy-α-tétralone avec (II) : on obtient une azométhine $C^{27}H^{28}O^2N^4$ qui cristallise du benzène additionné de ligroïne sous forme d'aiguilles feutrées violettes ressemblant à celles de MnO^4K F 211°; hydrolysée

---

([6]) Kon et Ruzicka, *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 188.

par SO^4H^2 dilué en (VII) $C^{11}H^8O^4$: petits cristaux bruns (de l'alcool) se décomposant à 197-200° solubles dans la soude en brun rouge; 8° condensation de la 7-terbutyl-α-tétralone avec (II) : l'azométhine $C^{30}H^{34}ON^4$ cristallise de C^6H^6 + ligroïne sous forme d'aiguilles violettes F 205°, solubles dans SO^4H^2 en rouge; l'hydrolyse donne (VI) $C^{14}H^{14}O^3$, précipité jaune cristallisant du méthanol aqueux en paillettes F 110° donnant un sel de Na acajou; 9° condensation de (VIII) avec (II) : l'azométhine $C^{31}H^{30}O^2N^4$ se présente sous forme de cristaux bleu violacé (du benzène) F 227° qui s'hydrolysent en (IX) $C^{15}H^{10}O^4$: beaux cristaux brillants brun foncé (du benzène) solubles dans la soude alcoolo-aqueuse en rouge violacé, F 207-208° (décomp.); 10° condensation du 7-méthoxy-1-céto-1.2.3.4-tétrahydrophénanthrène avec (II) : l'azométhine $C^{31}H^{30}O^2N^4$ se présente sous forme de petites aiguilles à reflets violacés F 238°; 11° condensation du 1-céto-1.2.3.4-tétrahydrophénanthrène avec (II) : l'azométhine $C^{30}H^{28}ON^4$ se présente sous forme de cristaux violets F 223° mais, comme la précédente, ne peut être hydrolysée sans résinification; 12° condensation de la 2-diméthyl-α-tétralone avec (II) : on obtient bien un virage de couleur mais les cristaux orangés formés, lavés à fond à l'alcool, semblent être constitués par un sel de Na renfermant 4,6 % d'azote.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du p-aminophénylsulfamide sur la chromatine de l'œuf d'Oursin en segmentation.* Note (1) de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Charles Pérez.

Le mécanisme de l'action inhibitrice exercée par le *p*-aminophénylsulfamide sur la multiplication de microorganismes et de cellules végétales n'est pas encore connu.

Dans les conditions où ils se sont placés, les auteurs n'ont pas observé de lésions cytologiques électives, directement susceptibles de fournir une explication. En milieu sulfamidé très dilué (0,05 ‰, soit M/3440), le Flagellé leucophyte *Polytomella cæca* augmente 4 à 16 fois de volume pendant la période où il cesse de se multiplier : il y a croissance du cytoplasme et du noyau, le rapport nucléo-plasmique paraissant rester sensiblement le même (2). Dans les racines de Pois plongeant dans le sulfamide (M/400 à M/100, soit 0,43 ‰ à 1,72 ‰), les cellules des parenchymes entourant des territoires nécrosés accusent une hypertrophie considérable de leur diamètre, leur structure reste parfaitement normale, le rythme des mitoses est ralenti, mais nullement perturbé (3). Mais la sensibilité au sulfamide de l'œuf d'Oursin en segmentation, que nous avons mise en évidence (4), permet d'entreprendre une étude de l'influence

(1) Séance du 29 décembre 1941.

(2) A. Lwoff, F. Nitti, Mme J. Trefouël et Mlle V. Hamon, *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1941, p. 9-36.

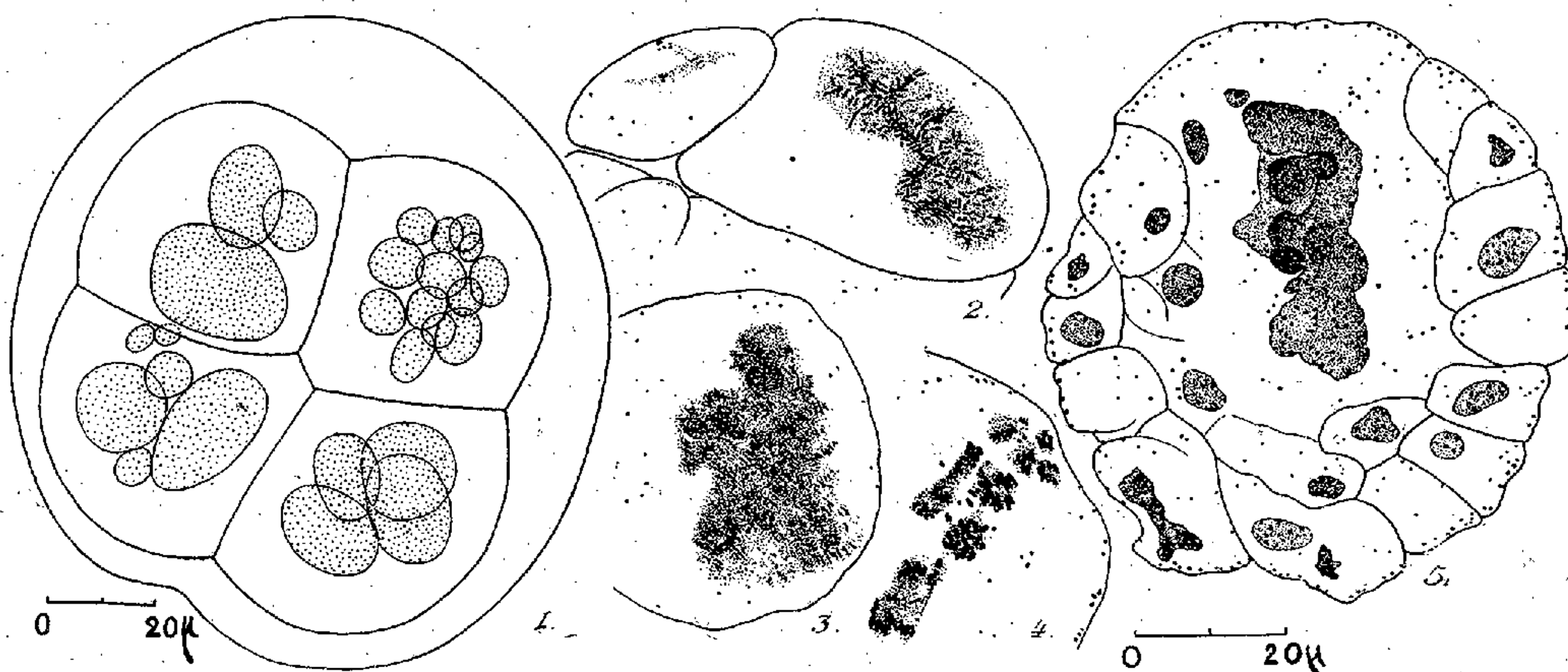
(3) G. Mangenot et Mlle S. Carpentier, *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, pp. 1152-1155.

(4) J.-André Thomas, *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 890-892.

de ce corps chimique défini sur la multiplication de cellules animales de grande taille alors que celles-ci, dans leur ensemble, étaient réputées insensibles. Les plus féconds des procédés expérimentaux que nous avons appliqués sont différents de ceux que nos prédécesseurs ont adoptés dans ce genre de recherches. En particulier, nous avons baigné les larves, à un stade connu du développement, dans le sulfamide à concentration relativement élevée (5 °/₀₀, soit M/34,4), pendant une durée généralement assez courte, puis nous les avons lavées et remises dans l'eau de mer pure.

Nos résultats établissent un effet considérable du sulfamide sur la chromatine.

Le sulfamide provoque de graves troubles de la mitose, une énorme hypertrophie progressive ainsi que la pullulation des noyaux des blastomères qui ont été bloqués. L'atteinte nucléaire est très manifeste à partir de la concentration de 3 °/₀₀, lorsque le développement se poursuit dans le toxique depuis la fécondation. Elle existe déjà en partie après 30 minutes quand les larves au stade II ou IV ou VIII sont plongées dans le sulfamide à 5 °/₀₀; les heures suivantes, elle devient de plus en plus considérable : les mitoses cessent. Chaque blastomère dont la segmentation est arrêtée peut contenir de nombreux noyaux très inégaux (*fig.* 1); enfin, la



Larves d'Oursin traitées par le sulfamide à 5 °/₀₀. 1, au stade IV, pendant 24 heures environ, état vivant, larve entière, avec membrane de fécondation et noyaux; 2, au stade IV, pendant 6 heures environ; 3 à 5, au stade II, pendant 6 heures environ, puis remises dans l'eau de mer pure pendant 4 heures 30 minutes (liquide personnel osmio-chromique-picriqué et hématoxyline au fer).

dégénérescence augmentant, des noyaux gigantesques à l'aspect de grosses gouttes réfringentes plus ou moins déformées occupent la majeure partie des cellules. Les dimensions du cytoplasme restent sensiblement égales à elles-mêmes. Si les larves ainsi traitées pendant 6 heures sont remises dans

l'eau de mer pure, les perturbations de la plupart des noyaux s'intensifient, bien que l'évolution reprenne en partie et qu'une ciliature apparaisse ([4]).

Les premières mitoses troublées ne restent pas à la métaphase, leurs chromosomes peuvent être grêles, punctiformes, irréguliers ou parfois empâtés. Les noyaux bloqués semblent initialement vidés de leur suc nucléaire; ils sont au contraire plus denses une fois hypertrophiés; la chromatine s'y répartit en sphérules d'aspect subpycnotique. Cependant, avant d'entrer en pycnose proprement dite de tels noyaux sont à l'origine de phénomènes de multiplication : on en rencontre à la prophase, on trouve surtout des métaphases monstrueuses qui en proviennent très vraisemblablement aussi; enfin, ils créent de petits noyaux-fils (*fig.* 5).

Ces métaphases sont complètement désordonnées, à plusieurs pôles, à fuseaux achromatiques orientant une faible partie des éléments chromatiques, ou dépourvues de fuseaux (*fig.* 2 et 3); pour la plupart, les chromosomes ne paraissent pas fragmentés, ils sont répartis en plusieurs foyers et parfois dépassent le nombre de 350; d'autres mitoses sont réduites à quelques chromosomes seulement (*fig.* 2), d'autres encore sont pycnotiques et multiples dans un même blastomère (*fig.* 4). La cytulation anarchique corticale que nous avons signalée résulte d'une activité mitotique ou méroamitotique selon le mode que nous avons individualisé ([5]). Les éléments néoformés contiennent des noyaux de taille à peu près normale (*fig.* 5), produisant des mitoses atypiques, quelquefois presque typiques, puis des pycnoses.

En somme, ces mitoses dégénératives, désordonnées, pluripolaires, hyper- et hypochromatiques, rudimentaires ont des caractères encore plus anormaux que celles qu'on observe dans les tissus soumis aux rayons X et γ ([6]).

Les noyaux hypertrophiés, au repos, ne donnent en général qu'une réaction de Feulgen faiblement positive, ou même négative. Un fait que nous avons retrouvé constamment paraît caractéristique : c'est l'apparition dans le cytoplasme d'une quantité de granulations extrêmement fines, sidérophiles, très nettement positives à la réaction nucléale. Nombreuses après 30 minutes de traitement par le toxique, elles deviennent particulièrement abondantes dans la suite, surtout au voisinage des membranes, à la périphérie des blastomères. La coloration postvitale au vert de

---

([5]) J.-ANDRÉ THOMAS, *Comptes rendus*, 201, 1935, pp. 988-990; *Ann. Sc. Nat.* (*Zool.*), 11e série, 1, 1938, pp. 209-579.

([6]) A. LACASSAGNE et O. MONOD, *Arch. fr. path. gén. et expér.*, 1, 1922, pp. 1-32. Voir aussi P. REISS, *Arch. Biol.*, 34, 1924, p. 345-368.

méthyle acétique les teinte en vert, de même que les noyaux; notons que le cytoplasme passe plus ou moins rapidement au violet puis au violet rouge vif, ce qui indique une forte basicité [7].

Il semble donc qu'on puisse envisager une action du sulfamide sur les acides nucléiques. Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de préciser si celle-ci est directe ou indirecte : nous prévoyons des expériences de vérification. Remarquons, en tout cas, que des processus aussi différents que la multiplication des bactéries et des blastomères d'Oursin sont influencés de façon analogue par un même corps chimique. Il se peut que l'augmentation de taille des bactéries traitées par le sulfamide (J. S. Loockwood, S. Luria), traduise une atteinte de leurs acides nucléiques. Le sulfamide sera-t-il capable de créer la polyploïdie et des mutations ?

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'étude biochimique des fleurs, fruits et graines des* Cydonia japonica *Pers. et* C. Maulei *Mast.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons déjà étudié sommairement les organes végétatifs de ces deux espèces, en extrayant de chacune d'elles un hétéroside à acide cyanhydrique, l'amygdonitrileglucoside [1]. Nous examinons ci-dessous les différentes parties de la fleur, puis les fruits et les graines au cours de leur maturation, au point de vue de leur teneur en glucides et diastases.

La méthode biochimique de Bourquelot à l'invertase a été appliquée séparément aux sépales, pétales, étamines, ovaires, styles de *Cydonia japonica*, puis à ses fruits et graines, chaque mois, de juin à octobre. Les résultats sont exprimés pour 100^g de substance fraîche et de substance sèche.

Les pétales sont nettement plus riches en sucre réducteur initial que les autres parties de la fleur; par contre, les ovaires présentent un maximum d'osides hydrolysables par l'invertase. Les sépales, ovaires et styles renferment de l'acide cyanhydrique; les pétales en sont dépourvus.

(7) Le mécanisme d'action du sulfamide paraît donc très différent de celui de la colchicine. Nous avons cherché si ces deux types de substances ajoutaient ou opposaient leurs effets : lorsque le blocage des larves d'Oursin est obtenu par des concentrations faibles de colchicine (5 $^0/_{000}$), l'addition de sulfamide à (1 $^0/_{00}$) à la solution de colchicine permet un certain développement. Le sulfamide est en quelque mesure *anticolchicinique*.

(1) V. Plouvier, *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1941.

Après la fécondation, l'acide cyanhydrique diminue rapidement : teneurs observées, pour 100g frais : ovaires en mai, 0,040; fruits de 3g en juin, 0,005; fruits de 30g en juillet, moins de 0,001.

Le sucre réducteur initial diminue avec la croissance de l'ovaire : de 0,94, il passe à 0,55 en juin; il augmente ensuite pour atteindre un maximum de 1,23 en septembre, puis il diminue. Le sucre réducteur formé par action de l'invertase diminue fortement pendant la croissance de l'ovaire : de 1,78, il tombe à 0,17 en juin; à partir de juillet, il est très faible ou nul.

Examinées en juin, les graines renferment 1,10 de sucre réducteur initial; celui-ci diminue pendant la maturation et tombe à 0,17 en octobre. Le sucre réducteur formé par action de l'invertase augmente pendant la croissance de la graine, atteint un maximum de 1,39 en août, puis diminue : il semble dû à l'hydrolyse du *saccharose*, car l'indice de réduction enzymolytique est voisin de 600 (saccharose 604). L'acide cyanhydrique n'apparaît qu'en août dans les graines et augmente rapidement; teneurs observées : 0,020 en août; 0,037 en septembre; 0,048 en octobre. L'huile grasse se forme également en août.

		Pour 100g frais.		Pour 100g sec.	
Sucre réducteur		initial.	après sucrase.	initial.	après sucrase.
Fleurs, 15 mai	Sépales	1,49	1,27	7,45	6,35
	Pétales	3,01	0,61	20,06	4,07
	Étamines	1,70	0,89	5,66	2,96
	Styles	1,22	1,23	6,10	6,15
	Ovaires	0,94	1,78	4,27	8,09
Fruits, 5 juin		0,55	0,17	3,66	1,13
» 17 juillet		0,59	0,01	3,55	–
» 16 août		0,67	0	4,06	0
» 24 septembre		1,23	0	9,46	0
» 23 octobre		0,97	0	7,08	0
Graines, 5 juin		1,10	0,06	5,40	0,30
» 17 juillet		0,93	0,34	3,44	1,26
» 16 août		0,95	1,39	2,35	3,44
» 24 septembre		0,57	1,25	1,00	2,20
» 23 octobre		0,17	0,72	0,27	1,15

De juin à octobre, la teneur en eau diminue et passe de 79,8 à 37,6 %. L'expression des résultats pour 100g de graines sèches accentue la diminution du sucre réducteur initial au cours de la maturation et conserve le maximum de saccharose en août; l'expression pour 100 graines fait apparaître un maximum de sucre réducteur initial en juillet-août.

L'invertase, la β-glucosidase, l'amylase et la pectase ont été recherchées par l'action des poudres fermentaires respectivement sur des solutions de saccharose, d'amygdonitrileglucoside, sur un empois d'amidon de pommes de terre et sur une solution de pectine de fruits de *Cratægus tanacetifolia* Pers.

L'invertase a été trouvée dans toutes les parties de la fleur, les fruits et les graines; les fleurs en renferment plus que les feuilles cueillies à la même époque; l'activité des fruits est très faible; celle de la graine diminue pendant la maturation. La β-glucosidase est surtout abondante dans les graines mûres. Une amylase liquéfiante et saccharifiante a été mise en évidence dans les styles et pétales de certains échantillons; les graines en renferment en octobre mais non en juillet. Toutes les parties de la fleur présentent une activité pectasique; celle-ci, faible ou nulle dans les graines en juillet, devient très nette en octobre.

Le *Cydonia Maulei* a donné des résultats comparables; la corolle est plus riche que l'ovaire en sucre réducteur initial, mais plus pauvre en osides hydrolysables par l'invertase; l'acide cyanhydrique de l'ovaire décroît rapidement après la fécondation; le sucre réducteur initial du fruit atteint 1,83 en septembre et tombe à 0,89 en octobre; celui des graines diminue de juillet à octobre (de 2,26 à 0,22); l'acide cyanhydrique apparaît en août dans la graine et augmente jusqu'en octobre. Les activités diastasiques sont comparables à celles de *Cydonia japonica*.

Les teneurs en glucides et diastases sont variables suivant les arbustes et les années : ainsi les fleurs de *C. japonica* des Buttes-Chaumont et de Saint-Mandé présentaient des différences d'activité amylasique; les fruits des arbustes de Versailles étaient plus riches en sucre en 1940 qu'en 1941.

En résumé, la maturation du fruit correspond à une augmentation du sucre réducteur initial et à la disparition de l'acide cyanhydrique et des osides hydrolysables par l'invertase. La maturation de la graine montre une diminution du sucre réducteur initial, une formation de saccharose, une apparition tardive d'acide cyanhydrique, d'huile grasse et de certaines diastases comme l'amylase et la pectase.

À 15ʰ30ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15ʰ50ᵐ.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 novembre 1941.)

Note de M. *Léonce Bert*, Nouvelle synthèse du thymol :

Page 618, ligne 26, *au lieu de* Il bout à 122°, *lire* Il bout à 132°; ligne 27, *au lieu de* bout à 129°, *lire* bout à 139°....

(Séance du 1er décembre 1941.)

Note de M. *Paul Bert*, Sur une préparation nouvelle de triphényléthane-1.2.2 :

Page 793, ligne 10, *au lieu de* Le chlorure de méthylène donne le diphénylméthane et le dichloréthylène; le stilbène est justiciable....., *lire* Le chlorure de méthylène donne le diphénylméthane et le dichloréthylène le stilbène, qui est justiciable....

(Séance du 15 décembre 1941.)

Note de M. *Paul Bertrand*, La loi de récapitulation ontogénique et phylogénique appliquée aux plantes fossiles :

Page 982, ligne 2, *au lieu de* abontirait, *lire* aboutirait; ligne 12, *au lieu de* Stengeria, *lire* Stangeria.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JANVIER 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu à Marseille, le 13 janvier 1942, de M. **Albert Vayssière**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

M. le **Président** dépose sur le bureau de l'Académie le *Sixième Catalogue comprenant* 1376 *étoiles dont* 742 *fondamentales de* + 45° *à* — 26° *observées en* 1930, 1931, 1932 à l'Observatoire de l'Académie à Abbadia. *Réduites à* 1925,0.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau de l'Académie un volume intitulé Amé Pictet. *Souvenirs et travaux d'un chimiste.*

SÉISMOLOGIE. — *Sur les récents séismes des Alpes françaises.* Note de MM. **Edmond Rothé** et **Jean-Pierre Rothé**.

I. Depuis 1934 [1] les Alpes françaises et le sud-est de la France ont présenté une activité séismique notable : 22 foyers, d'où sont issues parfois de nombreuses répliques, ont pu être identifiés au cours des sept dernières années.

---

[1] Pour les années antérieures, voir J. Lacoste et J.-P. Rothé, *Comptes rendus*, **199**, 1934, pp. 305-307; voir aussi *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 336 et tomes précédents.

La zone préalpine et la vallée du Rhône en contiennent 12 : 22 décembre 1934 à 5^h30^m, Salon (Bouches-du-Rhône), (V); 27 mars 1935 à 4^h45^m, bord sud du lac de Genève; 27 mars 1935 à 13^h30^m, L'Isle-sur-Sorgue (Vaucluse), local (V); 20 juin 1935 à 22^h55^m, Rognes (Bouches-du-Rhône), local (foyer du séisme destructeur de Provence du 11 juin 1909); 29 septembre 1935 vers 8^h30^m, La Javie (Hautes-Alpes); mai-juillet 1934 et décembre 1935 à août 1936, nouvelles séries de secousses dans le Tricastin (2), répliques des séries de 1773, 1873; les secousses les plus importantes, le 12 mai 1934 à 7^h20^m, (VII), le 16 mai 1934 à 2^h52^m et le 13 février 1936 à 5^h15^m, (VI); 17 avril 1936 à 3^h19^m à Frangy (Haute-Savoie) (VIII); 17 janvier 1937, vers 1^h, secousse limitée aux alluvions de l'Isère aux environs de Grenoble; 4 janvier 1938 à 11^h30^m à Eyguières (Bouches-du-Rhône), local; 5 janvier 1938 vers 3^h30^m à Fuveau (Bouches-du-Rhône), local; 5 juillet 1938 à 17^h30^m, région de Saint-Paul (Vaucluse); 8 décembre 1938 à 7^h36^m, à La Sône (Isère), (VII-VIII); 5 mars 1939 à 23^h15^m à la Tour-du-Pin (Isère).

Les séismes alpins proprement dits comprennent les foyers du Queyras, étudiés plus loin, de la région du col de Larche (4 mai 1936 à 22^h07^m, 9 juillet 1936 à 1^h13^m, 10 mars 1939 à 0^h45^m, 20 mars 1939 à 3^h15^m), du Piémont (rebord oriental du Mercantour, 19 février 1935 à 0^h01^m), des Alpes-Maritimes et de Ligurie (26 avril 1936 à 19^h45^m, 27 mai 1936 à 19^h45^m, 11 décembre 1936 à 17^h25^m et 2 janvier 1937 à 3^h48^m), enfin des Alpes du Valais (23 septembre 1938 à 1^h52^m, ressenti dans la vallée de Chamonix).

II. Les secousses les plus importantes ont leur origine dans le Queyras, où une migration du foyer a pu être mise en évidence. Le séisme du 19 mars 1935 à 7^h27^m, comme ceux du 17 décembre 1937 à 3^h10^m et du 15 février 1938 à 2^h32^m, a son épicentre au voisinage du Plan de Phasy près de Guillestre (Hautes-Alpes). A partir de mai 1938, le foyer s'est déplacé de quelques kilomètres vers l'Est : le calcul, basé sur les inscriptions des séismes du 27 mai 1938 à 19^h43^m et du 18 juillet 1938 à 0^h07^m, situe ce foyer en un point de coordonnées 44°37′N et 6°46′E (massif de Fontsancte, entre Ceillac et Saint-Paul d'Ubaye). Les secousses du 10 et du 20 mars 1939 proviennent d'un point situé encore plus à l'Est, 44°6′N et 7°1′E (au voisinage du col de Larche, où s'étaient déjà produites, en 1936, les secousses du 4 mai et du 9 juillet).

Les deux secousses les plus fortes, celles du 19 mars 1935 et du 18 juillet 1938 ont atteint l'intensité VIII à l'épicentre (dégâts légers, chutes de cheminées, lézardes) : leurs effets sur le terrain se sont manifestés, en 1935, par des crevasses sur la route d'Avrieux, la chute de rochers, le taris-

(2) J.-P. Rothé, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, 2e partie, *Séismologie* (1936), Mende, 1939, pp. 134-141.

sement de la source minérale du Plan de Phazy, en 1938 par l'achèvement brutal de la formation d'un entonnoir de dissolution dans les gypses aux environs de Ceillac. Ces deux séismes présentent une extension macroséismique analogue, caractérisée surtout par une propagation des ondes dans le sens Nord-Sud, c'est-à-dire suivant la direction des plissements alpins : pour ces séismes il est remarquable en effet que les chaînes subalpines du Devoluy et du Serrois, situées pourtant à moins de 35^{km} de la région épicentrale, n'ont rien ressenti, tandis que la secousse était perçue jusqu'à Gênes, la côte ligure, Toulon, à plus de 200^{km} de l'épicentre. *La propagation est donc liée à la tectonique alpine proprement dite.*

III. L'étude microséismique du séisme du 18 juillet 1938 montre que les ondes sont issues d'un foyer situé à 30^{km} de profondeur et qu'elles se sont propagées avec les vitesses (km/s)

$$\mathrm{Pn}\ 8{,}2 \text{ à } 8{,}4;\quad \overline{\mathrm{P}}\ 6{,}0;\quad \overline{\mathrm{S}}\ 3{,}50 \pm 0{,}02;\quad \mathrm{Sn}\ 4{,}70.$$

En ce qui concerne l'onde Pn, la valeur trouvée s'accorde avec celles déjà observées par différents auteurs pour les régions alpines ou préalpines : Allemagne du Sud (Gutenberg), 8,2 km/s; Schwadorf près de Vienne (Conrad), 8,1 km/s; Tyrol du Nord (Gräfe), 8,2 km/s, et elle s'oppose à celles calculées par Jeffreys pour les séismes anglais (7,8 km/s) et par Gees pour les séismes de Belgique et de la Mer du Nord (7,6 km/s).

La vitesse indiquée pour l'onde $\overline{\mathrm{P}}$, particulièrement élevée, 6,0 km/s (au lieu de 5,6-5,7, vitesse moyenne généralement admise), correspond à peu près à celle trouvée par Gutenberg [3] en Californie pour la vitesse de propagation dans la deuxième couche, celle qui s'étend entre 14 et 26^{km} de profondeur, *c'est-à-dire à une profondeur voisine de celle calculée pour le foyer du séisme du* 18 *juillet* 1938.

Les hodochrones de ce séisme ne permettent pas de déceler l'existence de l'onde P*, S* : il semble donc que la couche *intermédiaire* n'existe pas dans la région étudiée. On peut, par la méthode classique (coordonnées de l'intersection des droites hodochrones des ondes Pn et $\overline{\mathrm{P}}$), calculer l'épaisseur de la première couche (*couche granitique-alpine*) : on trouve une valeur d'environ 65^{km}. Il est donc probable que cette couche *granitique* est plus épaisse sous les Alpes qu'ailleurs, hypothèse qui concorde avec les conclusions de R. H. Gees [4] : l'épaisseur de la couche granitique plus

(3) *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 35, 1932, pp. 6-50.
(4) *Zeitschrift für Geophysik*, 13, 1937, pp. 159-179.

mince au nord de la ligne Copenhague-Doggerbank augmente vers le sud et davantage encore sous les Alpes, explication qui s'accorde bien avec la notion que les Alpes sont un massif de *plis de fond*.

IV. Parmi les séismes qui se sont produits dans les régions préalpines, celui du 8 décembre 1938 a eu son épicentre aux environs de La Sône (Isère) : la faible surface macroséismique (250 km²), la forte intensité à l'épicentre (VIII) montrent qu'il s'agit d'un séisme superficiel, sans doute en relation avec une faille dans la couverture miocène. L'épicentre bien défini permet de calculer avec exactitude les vitesses des ondes $\overline{P}$ et $\overline{S}$: on trouve respectivement 5,55 km/s ± 0,05, et 3,30 ± 0,02 km/s. Ce sont des vitesses tout à fait analogues à celles calculées par Gutenberg pour les séismes de Californie dont le foyer se trouve seulement à une quinzaine de kilomètres de profondeur.

V. Au contraire, plus récemment, le 10 août 1941, s'est produit dans le département de l'Isère un séisme remarquable par une plus grande aire macroséismique (2500 km²), par un maximum d'intensité beaucoup plus faible (V), et par l'absence d'épicentre macroséismique net : il s'agit d'un séisme profond. Les vitesses des ondes Pn, $\overline{P}$ et $\overline{S}$ calculées d'après l'inscription à Clermont-Ferrand et dans les stations suisses sont respectivement 8,5, 6,10 et 3,64 km/s.

Ainsi, chacun des séismes étudiés donne naissance à des ondes qui se propagent avec des vitesses propres à chacun; d'une manière générale, toutefois, la vitesse initiale des ondes $\overline{P}$ et $\overline{S}$ augmente avec la profondeur du foyer. La nature même du choc, l'étendue du foyer influent d'ailleurs sur ces vitesses : ainsi il n'est pas possible, pour le séisme du 19 mars 1935 pourtant d'intensité très comparable et de foyer très voisin de celui du 18 juillet 1938, de calculer un épicentre ponctuel ni de tracer des hodochrones simples, les ondes (Pn notamment) se propageant avec des vitesses apparentes très variables avec la distance et sans relation nette avec l'azimut.

M. **Henri Colin** fait hommage à l'Académie du texte polygraphié d'une Conférence qu'il vient de faire sur *L'amélioration de la betterave à sucre et les lois de la physiologie. A la recherche de la super-betterave.*

M. **Edmond Rothé** fait hommage à l'Académie, comme Secrétaire général de l'Association de Séismologie de l'Union géodésique et géophysique

INTERNATIONALE des *Comptes rendus des séances de la Septième Conférence* (Washington, 4-15 septembre 1939); et, en qualité de Directeur de l'Institut de Physique du Globe et du Bureau Central Séismologique de l'Université de Strasbourg, des *Annales de l'Institut de Physique du Globe* 1937, nouvelle série, tome II; deuxième partie, *Séismologie*, et troisième partie, *Géophysique*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages MM. **Henri Deslandres**, **Robert Bourgeois**, **Emile Borel**, **Aimé Cotton**, **Charles Maurain**, **Henri Villat**, membres de la Division des Sciences mathématiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, dressera la liste de candidats à la place de Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques vacante par le décès de M. *É. Picard*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'Etat a l'Education nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire des *Pêches et productions coloniales d'origine animale* du Muséum national d'Histoire naturelle.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. **Clodomir Houard**, Correspondant pour la Section de Botanique, adresse l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *É. Picard*.

M. **Armand de Gramont** adresse des remercîments pour la subvention qui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* à la **Société Française de Photographie**.

Mme **H. Lebesgue** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

Mlle **Germaine Cauquil**, M. **Robert Lami** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordée à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Notes et Mémoires sur la végétation et la flore du Pays basque, publiés par la Société Botanique de France, sous la direction de M. Pierre Allorge. (Session extraordinaire de la Société Botanique en Pays basque en juillet 1934.) Vol. in-8°, 356 p. et XIV planches (présenté par M. Auguste Chevalier).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un nouveau procédé de mesure de la vitesse d'un jet gazeux à écoulement permanent.* Note [1] de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons indiqué [2] le principe du procédé que nous avons envisagé en vue de mesures directes de la vitesse du front d'un jet gazeux; ce procédé est applicable à l'étude de la propagation des ondes de choc, problème d'Hugoniot. Ci-après nous donnons le principe du procédé qui permet les mesures directes de la vitesse du jet gazeux aux écoulements permanents; ce procédé est applicable aussi bien à la mesure des vitesses hyposoniques que hypersoniques et, par conséquent, peut être utilisé pour les résolutions expérimentales des équations de Saint-Venant.

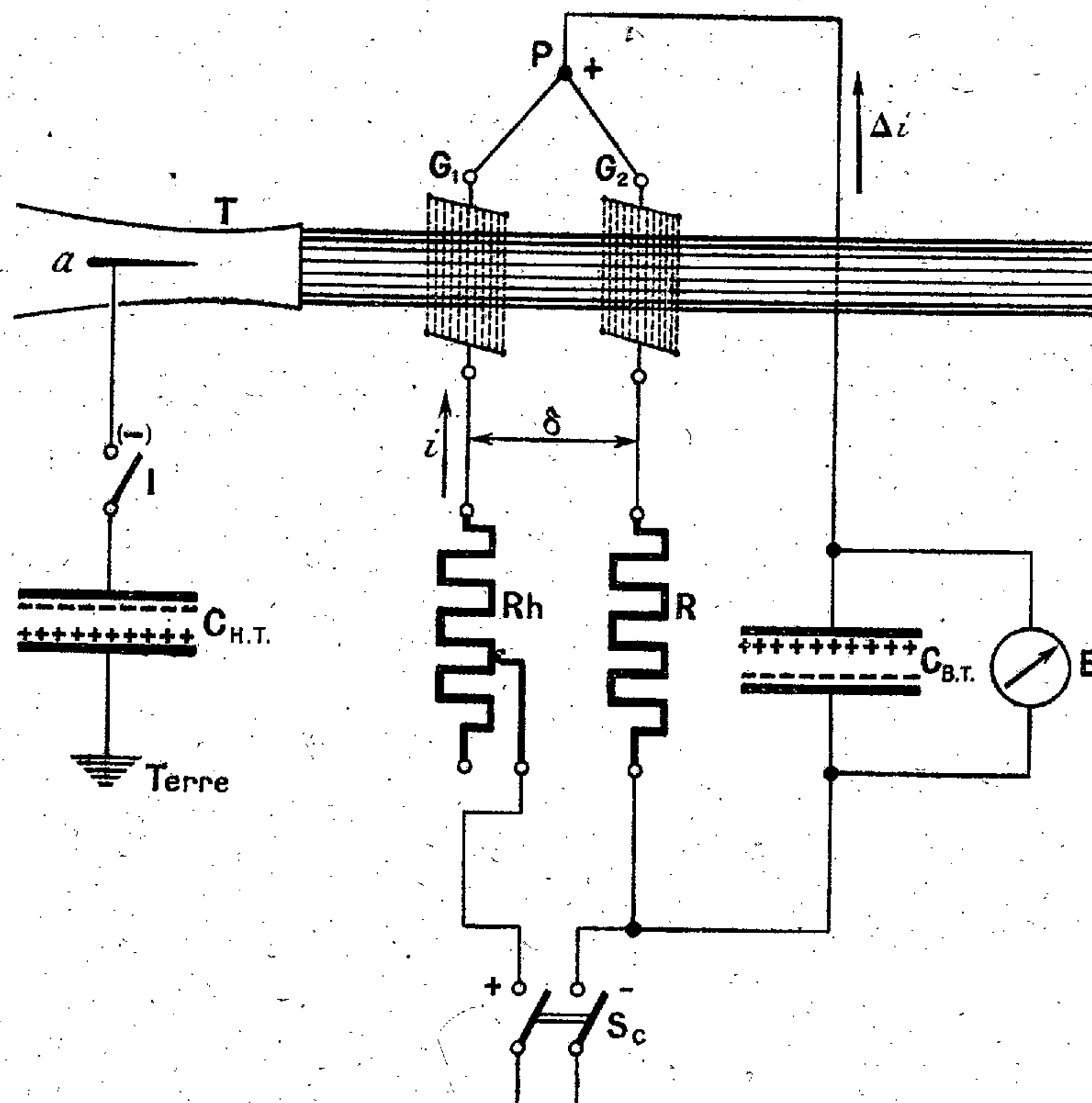
Le principe de mesure est figuré sur le schéma ci-contre : on forme un circuit électrique quelque peu semblable à celui que nous avons utilisé pour les mesures de la vitesse du front d'un jet gazeux (Note déjà mentionnée). Ce circuit est alimenté par une source de courant continu S_c et comprend en série deux grilles polarisées G_1 et G_2, une forte résistance non inductive R et un rhéostat de mise au point Rh. Le point commun de ces deux grilles est connecté à un petit condensateur de basse tension $C_{B.T.}$ dont l'armature opposée est reliée à l'autre pôle du circuit. La tension aux bornes de ce condensateur est contrôlée par un électromètre très sensible. A la fermeture du circuit un courant i s'établit dans la branche comprenant les deux grilles G_1 et G_2. Une différence de potentiel s'établit au point P en fonction de ce courant i et fixe la polarisation des deux grilles. Le condensateur $C_{B.T.}$ se charge d'une quantité

(1) Séance du 29 décembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 81.

d'électricité correspondante Δq; l'électromètre E indique alors la différence de potentiel à ses bornes.

A une distance convenablement établie on installe, dans l'axe perpendiculaire aux surfaces des grilles polarisées, une tuyère Laval T dont la section de sortie est calculée, en supposant la loi de Saint-Venant exactement applicable, pour abaisser la pression de P_0, maintenue constante dans le réservoir d'alimentation, à la valeur P_a de la pression atmosphérique. A l'intérieur de cette tuyère se trouve placée, dans le centre de



l'axe, une aiguille en tungstène de diamètre très faible, de sorte que son introduction à l'intérieur de la tuyère ne gêne en rien la distribution des filets gazeux, cette aiguille étant connectée à la borne négative ouverte d'un condensateur de grande capacité et à haute tension $C_{H.T.}$.

Pour mesurer une vitesse d'un courant gazeux à écoulement permanent, hyposonique ou hypersonique, il suffit de lancer le jet gazeux à mesurer sur les surfaces polarisées G_1 et G_2, distantes d'une certaine grandeur δ

(pratiquement comprise entre 5 et 10^{cm}) et disposées géométriquement de telle façon que le jet les traverse orthogonalement l'une après l'autre.

Lorsqu'un régime quelconque est établi on ferme l'interrupteur I, connectant ainsi l'aiguille au pôle négatif du condensateur $C_{H.T.}$. Grâce à l'effet de la pointe il se produit une forte décharge des électrons dans le jet gazeux qui devient de ce fait porteur des centres chargés négativement. Lorsque la section de tête de la colonne gazeuse ainsi ionisée parvient à toucher la grille G_1, polarisée positivement, il se produit une variation considérable du potentiel au point P_a qu'entraîne la décharge du condensateur $C_{B.T.}$ à travers le circuit comportant la grille G_2, encore non touchée par le fluide chargé d'électricité. L'électromètre E part aussitôt, mais s'arrête au moment où la seconde grille G_2 est traversée à son tour par les charges électriques injectées dans le fluide. Le condensateur $C_{B.T.}$ se décharge alors d'une certaine quantité d'électricité $\Delta q = \Delta it$ et sa tension tombe de U_1 à U_2 avec $\Delta u = U_1 - U_2$. Prenant la valeur moyenne U_m de la tension à la décharge, nous formons une relation simple, $v = U_m \delta / CR \Delta u$ donnant directement la valeur de la vitesse cherchée. Dans cette expression la vitesse v est donnée en mètres par seconde, la distance δ en mètres, les différences de potentiel U_m et Δu en volts, la capacité C en farads et la résistance R en ohms.

Le paramètre réglable est la pression P_0 dans le réservoir d'alimentation, autrement dit le rapport P_0/P_a, que l'on peut traduire par la vitesse d'écoulement v qui en résulte, d'après la loi de Saint-Venant, en un point où la pression avait atteint isotropiquement la valeur de P_a. Dans ces conditions cette grandeur v représente, avec une assez bonne approximation, la vitesse du jet gazeux dont les molécules traversent les grilles. En appliquant la formule ci-dessus, on trouve la concordance des résultats entre les valeurs expérimentales fournies par cette formule et celles déduites de l'équation de Saint-Venant, avec une erreur ne dépassant guère 3 °/₀. Une amélioration technique du dispositif employé est toujours possible, ce qui peut diminuer davantage la moyenne des erreurs. Faisant varier le rapport de P_0/P_a, on peut tracer la courbe des vitesses en fonction des pressions; une graduation bien appropriée de l'électromètre permettrait la lecture directe des vitesses.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Relations de réciprocité dans la théorie de l'aile portante.* Note (1) de M. **Lucien Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soient $\gamma(x)$ et $\Gamma(x)$ les circulations de deux ailes, de même envergure $(-b < x < b)$ dont profondeurs, angles d'attaque, coefficients de profil sont $l(x)$, $i(x)$, $k(x)$ et $L(x)$, $I(x)$, $K(x)$. Les potentiels des tourbillons libres étant φ et Φ, en intégrant $\varphi(d\Phi/dn) - \Phi(d\varphi/dn)$ sur l'axe x, et compte tenu des équations de la théorie de l'aile, on a, par un calcul facile,

$$(1) \qquad \int_{-b}^{+b} (\gamma I - \Gamma i)\, dx = \int_{-b}^{+b} \gamma\Gamma\left(\frac{1}{KL} - \frac{1}{kl}\right) dx, \qquad (V_\infty = 1)$$

sous des conditions très larges. Si les ailes ont le même kl, le second membre de (1) disparaît et (1) exprime que, si γ prend la forme

$$(2) \qquad \gamma(x) = \int_{-b}^{+b} g(x, \xi)\, i(\xi)\, d\xi,$$

la fonction g (effet élémentaire de gauchissement) est symétrique en x et y. On vérifiera aisément que la solution théorique de Gebelein (*Ingenieur Archiv*, 7, 1936, p. 297) amène bien, pour γ, à la forme (2), avec un g dont la détermination dépend d'une équation intégrale, mais qui sera bien symétrique. La symétrie des coefficients du système infini d'équations linéaires de Mme Lotz, dont la résolution déterminera les coefficients de Fourier de $\gamma(x)$, a la même origine. Lorsque $kl \neq KL$, (1) entraîne, entre les effets élémentaires g et G,

$$(3) \qquad G(x, y) = g(y, x) + \int_{-b}^{+b} \left\{ \frac{1}{kl(\xi)} - \frac{1}{KL(\xi)} \right\} G(\xi, y)\, g(\xi, x)\, d\xi,$$

qui peut servir au calcul de G en partant d'un cas pour lequel g est connue.

2. Rappelons que les coefficients de portance, local et global (surligné), sont

$$c_z(x) = \frac{2\gamma(x)}{l(x)}, \qquad \overline{c_z} = \frac{2}{S} \int_{-b}^{+b} \gamma(x)\, dx;$$

(1) Séance du 29 décembre 1941.

(1) amène donc, pour les distributions de portance, à nombre de relations intéressantes.

Si un changement d'incidence accroît les $i(x)$ de j, $\gamma(x)$ croît de $j\gamma^{(a)}(x)$, où $\gamma^{(a)}(x)$, circulation additionnelle, correspond à $i(x)=1$. Écrivons (1) pour γ et $\gamma^{(a)}$, on a

$$(4) \qquad \int_{-b}^{+b} \gamma(x)\,dx = \int_{-b}^{+b} \gamma^{(a)}(x)\,i(x)\,dx;$$

la connaissance de $\gamma^{(a)}(x)$ définit donc, par le calcul très simple de l'intégrale au second membre, le $\overline{c_z}$ global d'une aile de même kl, mais ayant une loi quelconque de gauchissement $i(x)$. Pour l'incidence j, le $\overline{c_z}$ devient

$$\overline{c_z} + j\overline{c_z}^{(a)},$$

d'où l'incidence de portance nulle $j_0 = -\overline{c_z}/\overline{c_z}^{(a)}$. *Tous les éléments relatifs aux portances globales d'une aile gauchie se déduisent donc en toute rigueur de la seule répartition* $\gamma^{(a)}(x)$ *que donne le gauchissement nul;* si une faible précision suffit, et que $j-j_0$ soit assez grand, on pourra d'ailleurs répartir le c_z suivant la loi qu'indique $\gamma^{(a)}(x)$.

Si, comme dans diverses méthodes de calcul, on détermine $\gamma(x)$ par série trigonométrique, on en connaîtra le premier coefficient, à partir de ceux de $\gamma^{(a)}(x)$ et de $i(x)\sin\theta$.

$\gamma'(x)$ et $\gamma''(x)$ correspondant à $i(x)=1$ sur des segments respectifs (e') et (e'') de l'envergure, on est de même amené à l'énoncé suivant, qui peut être commode dans les calculs d'ailerons : *l'accroissement unité de l'angle d'attaque pour un segment d'envergure* (e') *donne, sur un autre segment* (e''), *un accroissement de portance qui se retrouve quand on échange* (e') *et* (e'').

3. Pour le calcul numérique, il est commode de diviser l'envergure en intervalles ε_p, de centre x_p, égaux par exemple, et de définir un effet élémentaire $\gamma_p(x)$ par $i(x)$ égal à 1 sur ε_p et à zéro en dehors. De ce qui précède suit que *la portance globale de* $\gamma_p(x)$ *est égale à la portance de* $\gamma^{(a)}(x)$ *sur* ε_p et que, si l'on prend deux intervalles ε_p et ε_q, *la portance que* γ_p *donne sur* ε_q *se retrouve comme portance de* γ_q *sur* ε_p. Si les intervalles sont assez petits pour que les variations de γ_p et γ_q soient pratiquement linéaires, on aura

$$(5) \qquad \gamma_p(x_q) = \gamma_q(x_p),$$

symétrie que vérifie très bien le calculateur d'ailes, lequel donne directement les effets élémentaires de chaque électrode.

Des tables des $\gamma_p(x_q)$ permettent le calcul rapide et très satisfaisant de $\gamma(x)$, pour une loi $i(x)$ quelconque, par combinaisons linéaires [cf. (2)] $\Sigma_q \gamma_q(x_p)\, i(x_q) = \gamma(x_p)$. Des tables de ce genre, assez étendues pour s'appliquer à tous les cas usuels, et établies par le moyen du calculateur d'ailes, sont en voie d'achèvement et seront publiées par le Groupement des Recherches Aéronautiques.

4. Reprenant les deux ailes du début et $\gamma = \gamma_p(x)$, (1) donne, si ε est assez petit,

$$(6) \quad \varepsilon\Gamma(x_p) \simeq \int_{-b}^{+b} \gamma_p(x)\,\mathrm{I}(x)\,dx + \int_{-b}^{+b} \left(\frac{1}{kl(x)} - \frac{1}{\mathrm{KL}(x)}\right) \gamma_p(x)\,\Gamma(x)\,dx$$

pratique pour passer du calcul de l'aile kl, supposé effectué, à celui de l'aile KL. Remplaçant les intégrales par des sommes, pour ε assez petit, la première intégrale de (6) devient

$$\simeq \varepsilon \Sigma_q \gamma_q(x_p)\,\mathrm{I}(x_q) \simeq \varepsilon\gamma(x_p),$$

$\gamma(x)$ étant la circulation de la première aile, avec la loi d'angle $\mathrm{I}(x)$. D'où

$$(7) \quad \Gamma(x_p) = \gamma(x_p) + \Sigma_q \gamma_p(x_q)\,\Gamma(x_q) \left\{ \frac{1}{(kl)_q} - \frac{1}{(\mathrm{KL})_q} \right\},$$

système linéaire aux $\Gamma(x_p)$ (que l'on peut aussi obtenir à partir de l'équation de Prandtl). On pourra le traiter par approximations successives, en substituant à $\Gamma(x)$ au second membre $\gamma(x)$ connue, puis la valeur approchée de $\Gamma(x)$ ainsi obtenue, etc. La convergence est bonne et, prenant des intervalles de $b/10$ et $b/20$, pour passer de la forme en plan elliptique à la forme trapézoïdale d'effilement 0,4, les $\Gamma(x_p)$ avec des erreurs relatives de $1/1000^e$, sauf en bout d'aile où, malgré l'écart de kl et KL dans ce cas, l'erreur n'atteint pas $1/100^e$.

PHYSIQUE. — *Formule pour la quadrature empirique d'une fonction expérimentale.* Note (¹) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nos études sur la représentation des lois expérimentales par une formule ont montré qu'il était souvent nécessaire de quarrer une courbe

(¹) Séance du 29 décembre 1941.

expérimentale. Nous avons fait voir ([2]) qu'on pouvait toujours supposer cette courbe définie par un système d'ordonnées équidistantes limitant des bandes contiguës. Le domaine expérimental se compose ainsi de bandes, qu'on répartit en p groupes de q bandes. Dans chaque groupe, on calcule l'aire en assimilant la courbe à un polynome ([3]) de degré q et, en ajoutant ces p aires, on quarre le domaine.

Dans l'expression linéaire et homogène globale qui lie l'aire aux ordonnées expérimentales, ces ordonnées interviennent par des coefficients fortement *variables* de l'une à l'autre, et dont la valeur est parfois telle que certaines ordonnées prennent une importance vraiment *excessive*. De plus, dans chaque groupe, le coefficient de la dernière ordonnée étant très inférieur à la moitié du coefficient de l'ordonnée précédente, lorsqu'on fait la somme des aires de deux groupes consécutifs, l'ordonnée commune, bien que son coefficient se trouve doublé, intervient encore, et cela *sans* aucune raison valable, avec un coefficient notablement *inférieur* à celui qui affecte ses voisines.

Nous avons déjà fait voir ([3]) qu'on n'avait pas intérêt à augmenter q, dût-on ainsi morceler le domaine. Si q est pris trop grand, on accroît, en effet, l'importance des irrégularités expérimentales. Et quand q atteint la valeur 8, certaines ordonnées interviennent avec des coefficients *négatifs* ([3]), ce qui est assez choquant dans le calcul d'une moyenne.

Supposons un domaine expérimental comportant un nombre de bandes N, assez grand pour être pratiquement divisible par les premiers nombres entiers. Si l'on choisit $q=1$, les ordonnées prépondérantes interviennent dans la valeur moyenne $\bar{y}$ avec le coefficient $2:\mathrm{N}$. Pour $q=2$, ce coefficient devient $4:3\mathrm{N}$; au delà, il vaut $9:8\mathrm{N}$ pour $q=3$; les valeurs suivantes $64:45\mathrm{N}$ pour $q=4$, $375:288\mathrm{N}$ pour $q=5$, $68:35\mathrm{N}$ pour $q=6$, $20\,923:17\,280\mathrm{N}$ pour $q=7$, $41\,984:14\,175\mathrm{N}$ pour $q=8$ etc., varient assez irrégulièrement, mais dépassent le chiffre relatif à $q=3$, ce qui est une raison grave pour ne pas appuyer la quadrature sur une formule relative à un polynome de degré supérieur à 3.

En opérant à la manière classique, pour un arc comportant un grand nombre n d'ordonnées, mais assez limité pour rester représentable par un polynome du 3e degré, on serait conduit à former des groupes *distincts* de 3 bandes, comme si le même polynome ne pouvait représenter les

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 433.
([3]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 475.

n ordonnées, et, dans le calcul de l'aire, du fait des ordonnées communes aux groupes, une ordonnée sur trois aurait, sans aucune raison, un coefficient *réduit* d'un tiers.

Nous avons trouvé qu'il était possible de former, avec les ordonnées expérimentales, une expression $\Sigma s_i y_i$, égale à la *valeur moyenne* de la fonction expérimentale, dans un intervalle où cette fonction est représentable par un polynome du 3e degré au plus, en n'imposant, malgré la surabondance des ordonnées, pas d'autre condition que celle du *minimum* des s_i, ainsi que nous l'avons fait ([4]), à propos d'un tout autre problème.

Si $n = 2\nu + 1$, on pose

$$\overline{y} = s_1(y_1 + y_{2\nu+1}) + s_2(y_2 + y_{2\nu}) + \ldots + s_\nu(y_\nu + y_{\nu+2}) + s_{\nu+1} y_{\nu+1},$$

et l'on écrit, tout d'abord, que la formule est valable si y est une constante, un terme en x, en x^2 ou en x^3, ce qui conduit aux *deux* seules conditions préalables

$$2(s_1 + s_2 + \ldots + s_\nu) + s_{\nu+1} = 1,$$
$$\nu^2 s_1 + (\nu - 1)^2 s_2 + \ldots + 4 s_{\nu-1} + s_\nu = \nu^2 : 6.$$

Si $n = 2\nu$, on pose

$$\overline{y} = s_1(y_1 + y_{2\nu}) + s_2(y_2 + y_{2\nu-1}) + \ldots + s_\nu(y_\nu + y_{\nu+1}),$$

et l'on doit satisfaire aux conditions préalables

$$s_1 + s_2 + \ldots + s_\nu = 1 : 2,$$
$$(2\nu - 1)^2 s_1 + (2\nu - 3)^2 s_2 + \ldots + 9 s_{\nu-1} + s_\nu = (2\nu - 1)^2 : 6.$$

Un calcul méthodique, conduit comme précédemment ([4]), montre que la condition de minimum oblige à donner seulement à s_1 une valeur distincte, soit $1 : 2n$, les autres s_i étant tous égaux à $(n-1) : n(n-2)$.

On a donc la formule générale

$$2n(n-2)\overline{y} = (n-2) y_1 + 2(n-1)(y_2 + y_3 + \ldots + y_{n-1}) + (n-2) y_n.$$

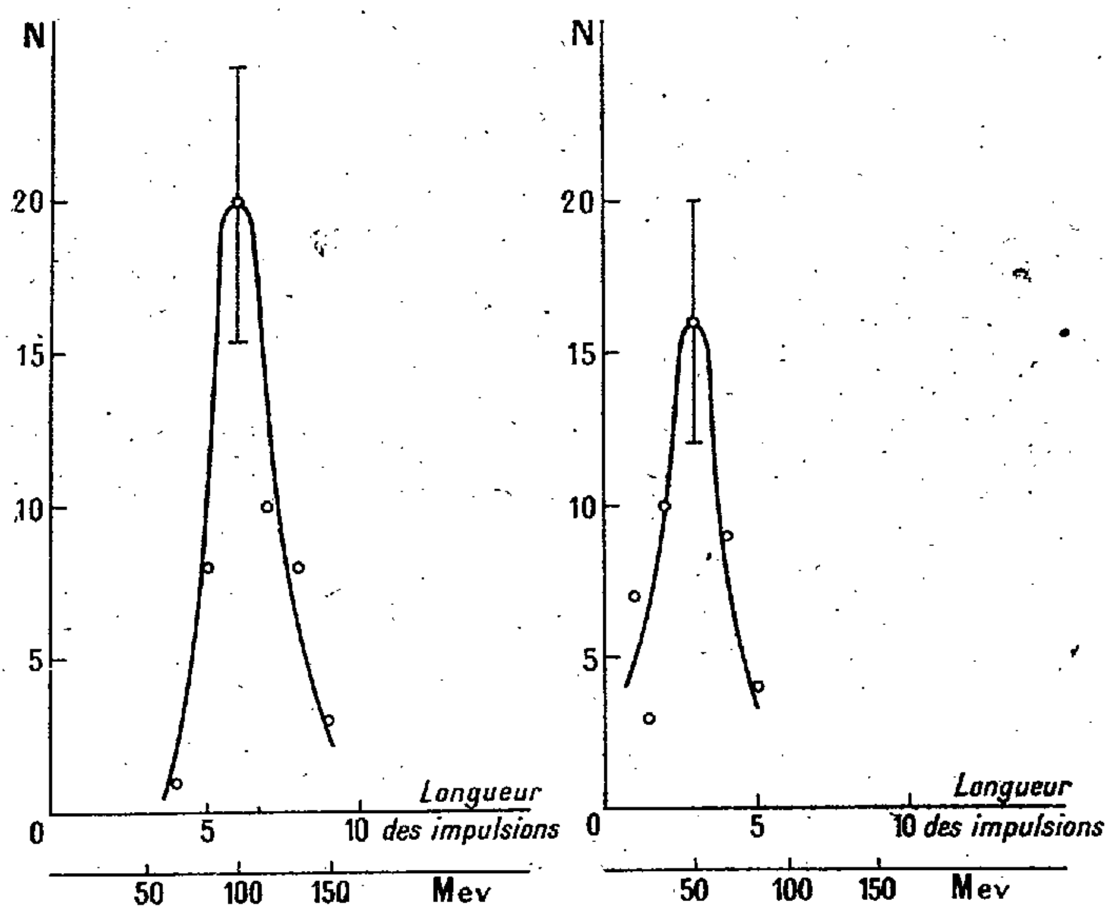
On observera que toutes les ordonnées intermédiaires ont *le même* coefficient, que la première ordonnée a un coefficient sensiblement *moitié* moindre, ce qui est dans l'ordre, vu son caractère d'ordonnée isolée, et que, si l'on a à juxtaposer deux tels domaines partiels, l'ordonnée commune, dans la somme, aura le coefficient $2(n-2)$, *différent* du coefficient $2(n-1)$ des autres ordonnées, ainsi qu'il se doit puisqu'il y a là une cassure, le

([4]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 983.

même polynome du 3e degré ne convenant pas pour l'ensemble des deux arcs, mais s'en écartant cependant assez *peu* pour que cette ordonnée et ses voisines aient à peu près *la même importance*; et l'*imprécision* afférente à chaque ordonnée est réduite au minimum.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les bilans d'énergie des divers modes de cassure du noyau d'uranium, sous l'action des neutrons.* Note (1) de M. **Claude Magnan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons décrit (2) un amplificateur d'ionisation à coïncidences, que nous nous proposions d'utiliser pour étudier la libération d'énergie accompagnant la cassure du noyau d'uranium, sous l'action des neutrons. Cette étude, réalisée avec un générateur de neutrons de 300 kV, nous a



conduit à ne trouver que deux groupes de particules, correspondant au processus de bipartition du noyau. Les énergies correspondantes sont 100 MeV et 50 MeV. Le bilan trouvé est donc de 150 MeV, qu'on devra majorer de 10 MeV pour tenir compte de la perte d'énergie du groupe

(1) Séance du 29 décembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 476.

le plus bas dans la traversée de la couche d'uranate d'ammoniaque (2 μ d'épaisseur).

Le processus employé pour tracer ces courbes consiste à remarquer que, lors de l'examen des impulsions d'ionisation coïncidentes, à la plus grande de celles-ci correspond le fragment de plus grande énergie, et à la plus petite, le fragment de plus petite énergie, sans que les pertes d'énergie subies dans la couche d'uranium puissent inverser les facteurs. Ces pertes d'énergie sont toujours plus faibles que les différences d'énergie entre les fragments. Ces énergies sont en effet dans le rapport inverse des masses, c'est-à-dire dans le rapport 1,5, ce qui donne des différences d'énergie de l'ordre de 40 MeV. Il suffit alors de tracer le spectre des impulsions de grande énergie, et celui des impulsions de petite énergie. Les deux courbes réalisées sont, aux fluctuations près, de hauteurs égales, donc de probabilités égales. Au maximum 100 MeV correspond donc le maximum 50 MeV.

Cette manière de voir est confirmée par les tableaux suivants :

			1..........	5_2-6_3-7	VI
5..........	1_4-2_3-3-4	IX	2..........	$5_2-6_5-7_2-9$	X
6..........	$1_3-2_4-3_{10}-4$	XVIII	3..........	$6_{11}-7_3-8$	XV
7..........	$2_2-3_2-4_2-5_2$	VIII	4..........	$6_3-7_3-8_5$	XI
8..........	$3-4_5-5$	VII	5..........	7_3-8_2-9	VI

Ces tableaux sont composés de la façon suivante : en face des valeurs successives d'énergie, qui correspondent au groupe de grande énergie, on note les valeurs correspondantes des impulsions de petite énergie relevées sur la bande d'enregistrement. L'indice 10, placé en bas de la valeur d'énergie 3, indique que celle-ci s'est présentée 10 fois. Les chiffres romains indiquent le nombre total d'impulsions de petite énergie correspondant à une valeur donnée des impulsions de grande énergie. Ainsi XVIII indique qu'on a relevé 18 impulsions de petite énergie correspondant à la valeur 6 des impulsions de grande énergie. Le tableau de droite est celui des impulsions de grande énergie correspondant aux diverses valeurs de l'énergie du groupe de petite énergie.

Ces tableaux montrent qu'au maximum d'énergie 6 (100 MeV) correspond le plus grand nombre relevé d'impulsions de petite énergie et que leur valeur la plus probable est 3. Inversement au maximum d'énergie 3 (50 MeV) correspond un maximum d'impulsions de grande énergie, dont la valeur la plus probable est 6.

Ainsi donc, la bipartition s'effectue avec des fragments dont le rapport le plus probable des énergies est 1,6. *Le bilan est alors de* 160 MeV.

Ceci est en accord avec les travaux de Booth, Dunning et Glasoe ([3]), de Kanner et Barschall ([4]) et de Malcolm Henderson ([5]). La valeur de 160 MeV pour le bilan d'énergie est en accord avec les calculs de L. A. Turner ([6]), où nous avons fait intervenir les *mass defect* des neutrons émis lors de la bipartition. Ce bilan calculé est de 202 MeV, qui, compte tenu des énergies cinétiques des β émis en chaîne, des énergies des neutrons, de celle des γ, tombe à 165 MeV. Ceci s'explique facilement si l'on se rapporte aux diverses bipartitions connues chimiquement : Br-La; Kr-Ba, d'une part, Xe-Sr; Ba-Kr, d'autre part. Ces divers fragments ont en effet des masses dont les rapports sont 1,5.

Il n'en va plus de même avec le radioantimoine signalé par Abelson ([7]), qui tient la tête d'une chaîne β, et qui, d'après les résultats récents de C. S. Wu ([8]), pourrait rejoindre celle du xénon. La paire Sb-Cb aurait en effet un rapport de même de 1,3 et par suite un rapport inverse pour l'énergie.

Sur la base d'un tel rapport et pour cadrer avec le bilan de l'énergie calculé de 165 MeV, il faudrait l'existence de deux groupes d'énergie 90 MeV et 70 MeV. L'examen des courbes montre que, pour peu que la probabilité d'une telle bipartition soit plus faible que dans le premier cas, il est difficile d'en déceler la présence. Il faudrait pousser beaucoup plus loin la statistique.

Précédemment ([2]), nous avions trouvé un groupe d'énergie 80 MeV, sans employer la collimation utilisée ici (canal de 3^{mm} de diamètre et 3^{mm} de longueur), ni le système de coïncidences. Avec cette collimation et sans coïncidences, il semble que l'on trouve, en plus des deux premiers, deux groupes 66 MeV et 83 MeV, malgré la difficulté que présente la séparation dans une chambre d'ionisation de groupes aussi voisins (énergies différant de 10 MeV).

Si ce dernier mode de bipartition n'existait pas, il faudrait penser à une

---

([3]) *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 981.
([4]) *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 372.
([5]) *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 774.
([6]) *Rev. of Mod. Phys.*, 12, 1940, p. 8.
([7]) *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 1.
([8]) *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 926.

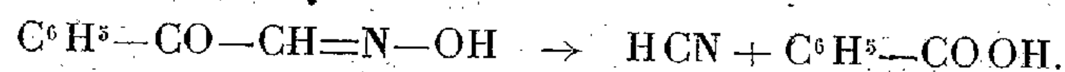
tripartition, que notre méthode de coïncidences ne permettrait évidemment pas de déceler.

Le fait que la chaîne de l'antimoine rejoint celle du xénon et qu'on connaît un radiomolybdène (⁹) à partir de l'uranium, aurait pu faire penser que l'antimoine n'est pas une tête de chaîne, mais qu'il fait partie de la chaîne du krypton. Une telle supposition est inadmissible, car elle entraînerait pour le krypton un nombre de masse exagérément grand et pour le fragment complémentaire un nombre de masse beaucoup trop petit.

En conclusion, il est très probable qu'il existe au moins deux types de bipartition de l'uranium, 100-60 MeV et 90-70 MeV.

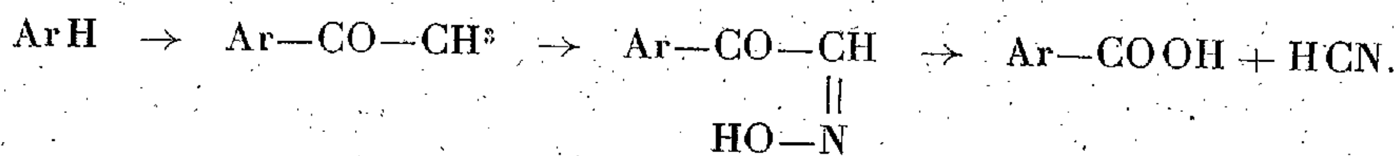
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de préparation des esters d'acides aromatiques par dégradation des méthylarylcétones.* Note de MM. **Georges Darzens** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré que les dérivés isonitrorés des alcoylarylcétones de formule C^6H^5—CO—C(:N—OH)R se décomposaient, par simple chauffage ou par l'action du chlorure de thionyle, en nitrile R—C≡N et acide benzoïque [1]. Il était donc à présumer que cette réaction, appliquée à des méthylarylcétones, donnerait de l'acide cyanhydrique et un acide aromatique, suggestion d'autant plus vraisemblable que Clairen et Manasse avaient déjà observé, pour la méthylphénylcétone, la réaction [2]



$$C^6H^5\text{—CO—CH=N—OH} \rightarrow HCN + C^6H^5\text{—COOH}.$$

Les méthylarylcétones étant d'une obtention facile par condensation du chlorure d'acétyle sur les carbures aromatiques en présence de $AlCl^3$, il en résulterait une méthode simple et générale pour obtenir des acides aromatiques :



$$\text{ArH} \rightarrow \text{Ar—CO—CH}^3 \rightarrow \text{Ar—CO—CH(=N—OH)} \rightarrow \text{Ar—COOH} + \text{HCN}.$$

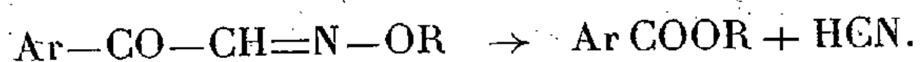
L'expérience nous ayant toutefois démontré que cette décomposition ne

(⁹) O. Hahn et F. Stressmann, *Naturwissenschaften*, 28, 1940, p. 543.

(¹) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 168.

(²) *Ber. d. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 2194.

donnait pas de bons rendements et n'était par suite pas susceptible d'être recommandée comme mode de préparation, nous avons été amenés à rechercher si en alcoylant la fonction oxhydryle liée à l'azote on n'obtiendrait pas directement l'ester de l'acide dans de meilleures conditions :



$$\mathrm{Ar{-}CO{-}CH{=}N{-}OR \rightarrow Ar\,COOR + HCN.}$$

En réalisant cette réaction nous avons, en effet, trouvé que ces dérivés alcoylés sont tout à fait instables et qu'on obtient ainsi directement, à la température ordinaire, l'ester cherché avec un excellent rendement.

Pour réaliser cette réaction, on commence par dissoudre une molécule-gramme de la cétone dans 1000g environ d'éther sec, on ajoute 30g HCl sec puis on nitrore en ajoutant peu à peu 120g de nitrite d'isoamyle (théorie 117) en maintenant la solution à 0°. La solution d'abord fortement colorée se décolore peu à peu et la réaction est généralement terminée au bout de 8 à 10 heures à 0°.

On ajoute alors une solution étendue de soude qui, par agitation, dissout le dérivé isonitroré en se colorant fortement; cette solution est décantée et traitée de suite par 130g de sulfate de méthyle (théorie 126) qui est ajouté lentement, en agitant continuellement dans un courant d'eau; on termine par une agitation à la machine pendant 4 à 5 heures. On neutralise à ce moment au carbonate de sodium la solution qui est devenue acide et l'on extrait l'ester formé qui surnage suivant la technique habituelle.

L'acétophénone donne ainsi du benzoate de méthyle pur avec un rendement de plus de 90 %. La β-méthylnaphtylcétone, qui se trouve actuellement dans le commerce, sous le nom de cétone D, comme matière première de parfumerie (odeur de fleur d'oranger) et qui est facile à préparer grâce à une technique due à l'un de nous (3), donne de même l'ester β-naphtoïque, qui était difficilement accessible jusqu'en ces derniers temps, comme cela résulte d'un travail récent de MM. Wahl, Goedkoop et Heberlein (4). A noter toutefois que, le dérivé isonitroré servi étant peu soluble, il est nécessaire d'opérer en solution très diluée et de tiédir au bain-marie pour favoriser sa dissolution.

On ne connaissait jusqu'à ces derniers temps, comme moyen de dégradation du groupe $CO{-}CH^3$ en CO^2H, que son oxydation soit par

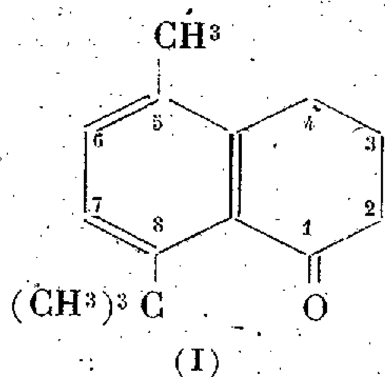
(3) G. Darzens, à qui l'on doit l'emploi en parfumerie de la β-méthylnaphtylcétone, a montré qu'elle s'obtient facilement en traitant le naphtalène par le chlorure d'acétyle et $AlCl^3$ en solution dans le nitrobenzène, la réaction étant faite à 0° et le départ de HCl étant favorisé par le vide.

(4) *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 6, 1939, p. 533.

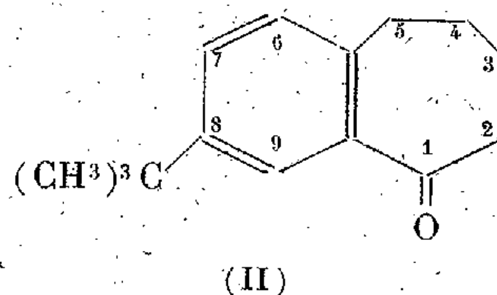
l'acide nitrique dilué, soit par le permanganate, soit encore par l'hypochlorite de sodium alcalin qui transforme d'abord le groupe CH^3 en CCl^3 et l'élimine ensuite sous forme de chloroforme (⁵). Aucune de ces méthodes ne donne de rendements aussi élevés que celle qui vient d'être exposée. Nous nous proposons de l'étendre à d'autres méthylarylcétones polycycliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle famille de composés odorants.* Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

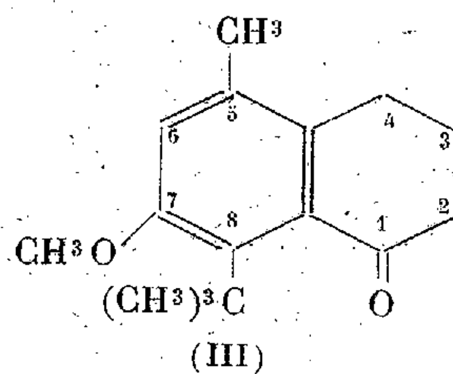
On sait que, dans l'Inde et les pays d'Extrême-Orient, le bois de santal est intensivement utilisé dans les fêtes liturgiques à cause de l'arôme particulier qu'il dégage en brûlant. Nous avons eu la bonne fortune de découvrir toute une catégorie de corps qui dégagent précisément, par volatilisation, le parfum caractéristique si recherché des Orientaux : il s'agit des α-tétralones et des α-benzosubérones substituées dans le noyau benzénique par un radical tertiobutyle. Nous décrivons dans cette Note deux représentants de cette famille : la 8-tertiobutyl-5-méthyl-α-tétralone (I) et la 8-tertiobutyl-α-benzosubérone (II). Pour montrer la finesse des relations



(I)



(II)



(III)

qui existent entre cette odeur et la constitution chimique, nous parlerons également de la 8-tertiobutyl-7-méthoxy-5-méthyl-α-tétralone (III), qui, bien qu'étroitement apparentée aux cétones (I) et (II), n'en possède pas l'odeur. La méthode de synthèse que nous avons adoptée pour préparer ces trois corps consiste à cycliser par $AlCl^3$ les acides γ-phénylbutyrique et δ-phénylvalérianique substitués correspondants. L'acide 3-tertiobutyl-2-méthyl-γ-phénylbutyrique a été préparé à partir du 2-bromo-4-tertiobutyltoluène dont le magnésien a été traité par l'oxyde d'éthylène, l'alcool obtenu étant bromé par PBr^3, et le bromure condensé avec le malonate

(⁵) Barbier et Léser, *Bull. Soc. Chim. France*, 3ᵉ série, 33, 1905, p. 815; Fieser, Holmes et Newman, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1055.

d'éthyle. L'acide 2-méthyl-4-méthoxy-5-tertiobutyl-γ-phénylbutyrique est pareillement obtenu à partir du 2-bromo-4-tertiobutyl-5-méthoxytoluène (1) dont la constitution semble être fixée. Enfin l'acide 4-tertiobutyl-δ-phénylvalérianique a été préparé à partir du 4-chlorométhyl-tertiobutylbenzène suivant le même enchaînement de réactions; notons que la cyclisation de cet acide se fait beaucoup plus facilement que celle de l'acide δ-phénylvalérianique. Nous poursuivons ces recherches.

Partie opératoire. — 1° 2-bromo-4-tertiobutyltoluène $C^{11}H^{15}Br$; 145g de *p*-tertiobutyltoluène sont traités par 160g de brome en présence de 1g de Fe en poudre; le dégagement de HBr se fait très régulièrement à froid au fur et à mesure de l'addition de Br. On laisse une nuit et l'on traite comme d'habitude. On obtient un liquide incolore, E_{10-11} 121-123°, d'odeur suave; 2° alcool 2-méthyl-5-tertiobutyl-phényléthylique $C^{13}H^{20}O$; 237g du dérivé bromé précédent sont dissous dans 500cm³ d'éther et l'on ajoute peu à peu cette solution à 24g Mg, en amorçant la réaction par addition d'un peu de C^2H^5Br. Pour finir, on chauffe 30 min., et ajoute ensuite 50g d'oxyde d'éthylène dissous dans 50cm³ d'éther en refroidissant à —10°. Après 6 heures de repos, on chasse l'éther par 6 heures de chauffage à 60-70°, et décompose la combinaison magnésienne refroidie par HCl, et épuise à l'éther l'alcool formé. On obtient 107g de liquide E_{10-11} 155-160° d'odeur agréable, donnant une phényluréthane très visqueuse, non cristallisable; 3° dérivé bromé $C^{13}H^{19}Br$, l'alcool précédent est bromé par PBr^3 comme d'ordinaire. A partir de 100g d'alcool, on obtient 80g de bromure E_{11} 154-158°, qui est condensé avec le malonate d'éthyle sodé dans l'alcool. On obtient un éther malonique substitué $C^{20}H^{30}O^4$, liquide visqueux E_{7-8} 217-218° avec un rendement de 80g; 4° acide 5-tertiobutyl-2-méthyl-γ-phénylbutyrique $C^{15}H^{22}O^2$; l'éther malonique précédent est saponifié, et le produit de la réaction décarboxylé par distillation. L'acide obtenu est un liquide visqueux E_{8-9} 204-207° ne cristallisant pas. Traité par $SOCl^2$ en solution benzénique, il donne le chlorure d'acide $C^{15}H^{21}OCl$ sous forme d'un liquide E_{10} 175°; 5° cétone (I) $C^{15}H^{20}O$, le chlorure précédent est cyclisé par $AlCl^3$ à froid pendant 24 heures dans le benzène E_{9-10} 173-176°. Après recristallisation dans l'alcool dilué, on a de gros rhomboèdres maclés F 78°, donnant une semicarbazone qui se sépare de l'alcool sous forme d'une poudre cristalline F 223°, avec d'excellents rendements. La tétralone (I) donne avec la *p*-nitrosodiméthylaniline en milieu alcalin une azométhine $C^{31}H^{36}ON^4$ qui cristallise de C^6H^6 + ligroïne sous forme d'aiguilles violettes F 232-233°; 6° éther méthylique du 4-tertiobutyl-*m*-crésol : se prépare d'après le brevet américain n° 2038947 (2) par condensation de l'éther méthylique du *m*-crésol avec l'alcool butylique tertiaire en présence de SO^4H^2. A partir de 250g d'éther de *m*-crésol, nous obtenons 100g de dérivé butylique E_{762} 222-223°. Cet éther est inodore et liquide; 7° 2-bromo-4-tertiobutyl-5-méthoxytoluène $C^{12}H^{17}OBr$; le produit précédent (100g) est dissous dans deux fois son volume

(1) O. A. SEIDE et B. M. DUBININ, *Chem. Centralbl.*, 1, 1933, p. 603.
(2) *Chem. Centralbl.*, 1, 1937, p. 1016.

de CH^3CO^2H, et l'on ajoute goutte à goutte 90^g de Br tout en refroidissant pour ne pas dépasser 10-15°, on obtient un solide après avoir versé dans l'eau : ce solide est essoré, lavé à l'éther de pétrole, puis à la soude à 5 %. Après distillation, on a un solide E_7 154-160°, cristallisant de l'éther en plaques incolores d'odeur légèrement musquée F 108-109°. Si, au cours de la bromuration, on a $t° > 15°$, on obtient un bromure liquide qui sera décrit ailleurs; 8° alcool 2-méthyl-3-méthoxy-4-tertiobutyl-phényléthylique $C^{14}H^{22}O^2$ E_{10-11} 170-180°; la phényluréthane n'est pas cristallisée. Par action de PBr^3, on a un dérivé bromé $C^{14}H^{21}OBr$ E_{7-8} 168-172°, cristallisant de l'alcool en paillettes brillantes, transparentes F 53°; 9° acide 2-méthyl-4-méthoxy-5-tertiobutyl-γ-phénylbutyrique $C^{16}H^{23}O^2$, E_7 212-213°, grosses plaques transparentes F 53°; s'obtient par synthèse malonique à partir du bromure précédent, qui donne l'éther malonique $C^{21}H^{32}O^5$ E_7 224-225°, liquide très visqueux donnant par saponification l'acide malonique $C^{17}H^{24}O^5$ F 183°(C^6H^6 + ligroïne) qui perd CO^2 à la fusion; 10° cétone (III) $C^{16}H^{22}O$ E_{9-10} 183-186°, F 57°; cristallise de l'alcool dilué en beaux cristaux allongés, incolores, sans odeur appréciable. La semicarbazone fond à 227-230°, et l'azométhine $C^{32}H^{38}ON^4$ avec la nitrosodiméthyl-aniline fond à 205-206° (cristaux violets); 11° alcool 4-tertiobutyl-γ-phénylpropylique $C^{15}H^{20}O$, liquide incolore E_9 155-156°; s'obtient par action de l'oxyde d'éthylène sur le magnésien du 4-chloro-méthyl-tertiobutylbenzène ([3]). La phényluréthane est un liquide visqueux, et le bromure $C^{15}H^{19}Br$, un liquide incolore E_9 153-154°; 12° acide 4-tertiobutyl-δ-phényl-valérianique $C^{17}H^{22}O^2$, E_8 205-207°, liquide très visqueux se solidifiant difficilement par cristallisation dans l'alcool aqueux, F 72° : cet acide s'obtient par condensation du bromure précédent avec le malonate d'éthyle sodé en l'éther malonique $C^{22}H^{30}O^4$, liquide visqueux, d'odeur agréable E_{8-9} 218-222°, saponifié en acide malonique $C^{18}H^{22}O^4$ F 149° (de C^6H^6); 13° cétone (II); l'acide 4-tertiobutyl-δ-phénylvalérianique est transformé par $SOCl^2$ dans $CHCl^3$ en chlorure d'acide $C^{17}H^{21}O$ E_9 180°, qui est cyclisé dans le nitrobenzène à froid. Après la réaction, on fait le vide pour améliorer le rendement, E_3 177-180°, paillettes incolores, transparentes F 40° (dans C^6H^6), donnant une semicarbazone F 192-193° (de l'alcool) et une oxime F 122-123° (gros cristaux transparents durs, de l'alcool aqueux). Les cétones (I) et (II), projetées sur une plaque chauffante, dégagent l'odeur puissante que produit la combustion du bois de santal. *Remarque :* le magnésien du 2-bromo-4-tertiobutyl-5-méthoxytoluène ne se fait pas à froid : un chauffage au bain-marie à 60° jusqu'à disparition du Mg est nécessaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshalogénation de quelques halohydrines de glycols et isomérisation des époxydes correspondants dans la série de l'hydrindène et du tétrahydronaphtalène.* Note ([1]) de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Dans les séries de l'hydrindène et du tétrahydronaphtalène les halohydrines de glycols et les époxydes correspondants ont été peu étudiés.

([3]) Roman Berg, *Roczniki Chim.*, 14, 1934, p. 1249.

([1]) Séance du 15 décembre 1941.

MM. Tiffeneau et Orekhoff ([2]), qui ont préparé l'iodhydrine de l'hydrindène glycol et aussi celles de l'α- et du β-hydronaphtalène diol, ont constaté que la déshalogénation argentique de deux de ces iodhydrines, la première et la troisième, fournit les monoesters nitriques correspondants qui, hydrolysés, se transforment en glycols. Quant à la déshalogénation argentique de l'iodhydrine du tétrahydronaphtalène diol-1.2, elle fournit surtout l'aldéhyde α-hydrindène carbonique par une transposition moléculaire du type hydrobenzoïnique comportant un raccourcissement du cycle en C^6 en un cycle en C^5. En aucun cas il n'a été observé de formation des cétones possibles α- ou β-indanone, dans le premier cas, et α- ou β-tétralone dans les deux autres cas; mais la formation de cette dernière a été obtenue en déshalogénant, par la quinoléine ou par la pyridine ([3]), la chlorhydrine du tétrahydronaphtalène diol. Quant aux époxydes correspondants, qui tous trois sont connus ([3]), ([4]), ([5]), un seul, l'oxyde de dihydro-1.2-naphtalène, a été isomérisé par ClH gazeux vers 20 à 50° en β-tétralone ([5]).

Au cours de nos recherches sur les *extensions de cycle* dans la série de l'hydrindène et du tétrahydronaphtalène, nous avons été amenée à compléter cette étude qui, dans l'un des cas, comporte comme on l'a vu non pas une augmentation mais un *raccourcissement de cycle*. Nous avons fait la même observation dans le cas de l'isomérisation magnésienne de l'oxyde de dihydro-1.4-naphtalène (formation d'aldéhyde β-hydrindène carbonique), ce qui concorde avec les résultats obtenus par Bedos ([6]) et par divers auteurs en série cyclanique ([7]). Il est probable que la déshydratation des glycols correspondant actuellement à l'étude conduira à des résultats analogues, mais, avec quelques différences, suivant qu'il s'agira des dérivés *cis* ou *trans*.

En ce qui concerne la série de l'hydrindène, nous avons non seulement étudié l'isomérisation pyrogénée ou magnésienne de l'oxyde d'indène qui se transforme en β-indanone, mais aussi la déshalogénation magnésienne

---

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, **27**, 1920, p. 782.

([3]) BAMBERGER et VOSS, *Ber. d. chem. Ges.*, **27**, 1894, p. 1547. LODTER, *Lieb. Ann.*, **288**, 1895, pp. 81-94.

([4]) COOK et HILL, *J. Am. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 1995.

([5]) STRAUS et ROHRBACHER, *Ber. d. chem. Ges.*, **54**, 1921, p. 60.

([6]) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 255.

([7]) J. LÉVY et SFIRAS, *Bull. Soc. Chim.*, **49**, 1931, p. 1830; TIFFENEAU et TCHOUBAR, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 918; KENNER, *J. Chem. Soc. Lond.*, **105**, 1914, p. 2685.

ou alcaline (KOH) des halohydrines correspondantes qui s'effectue avec formation d'α-indanone. En aucun cas, comme dans les recherches rappelées ci-dessus de MM. Tiffeneau et Orekhoff et aussi dans celles de Godchot et Mousseron ([8]) par désamination nitreuse des aminoalcools hydrindéniques, il n'y a eu de raccourcissement de cycle.

I. Série des dihydronaphtalène-1.2 et 1.4. — 1° *Oxyde de dihydro-1.4 naphtalène : isomérisation en aldéhyde β-hydrindène carbonique et en β-tétralone.* — Cet époxyde (F 40°) a été obtenu par oxydation perbenzoïque du carbure en solution éthérée. Par chauffage en solution dans l'éthérate de Br^2Mg suivi de décomposition par l'eau, on isole un produit qu'on traite par la semicarbazide. Par cristallisation fractionnée dans l'alcool, on sépare deux semicarbazones, l'une, F 178°, très soluble dont on régénère l'aldéhyde β-hydrindène carbonique, déjà décrite par Kenner, l'autre, F 215°, beaucoup moins soluble dont on régénère la β-tétralone bien connue.

2° *Oxyde de dihydro-1.2 naphtalène : isomérisation en β-tétralone.* — Cet époxyde, préparé par oxydation perbenzoïque du dihydro-1.2 naphtalène dans l'éther, est isomérisé dans les mêmes conditions que son isomère et fournit un produit unique, la β-tétralone.

II. Série de l'hydrindène. — *Oxyde d'indène : isomérisation magnésienne en β-indanone.* — L'oxyde d'indène est obtenu par l'action de la potasse pulvérisée sur une solution éthérée de la bromhydrine (voir ci-dessous) résultant de la fixation de BrOH sur l'indène; l'oxydation perbenzoïque de l'indène nous a fourni de mauvais résultats (formation abondante de résines). L'isomérisation par l'éthérate se fait même à 0°, elle conduit à la β-indanone (F 52°, semicarbazone F 252°) avec un rendement presque théorique. L'isomérisation par la chaleur est effectuée en faisant passer les vapeurs de l'oxyde sous le vide et sur la terre d'infusoires chauffée à 270-290°; elle aboutit à la même β-indanone.

2° *Bromhydrine de l'hydrindène-glycol : déshalogénation magnésienne en α-indanone.* — La bromhydrine (F 127°) est préparée en fixant BrOH sur l'indène. La déshalogénation magnésienne réalisée par chauffage du magnésiate correspondant fournit l'α-indanone (F 41°, semicarbazone F 247°).

3° *Iodhydrine de l'hydrindèneglycol : déshalogénation potassique en α-indanone.* — Cette iodhydrine a été obtenue d'après les données de MM. Tiffeneau et Orekhoff ([2]). Soumise en solution éthérée anhydre à l'action de la potasse en poudre, elle se transforme directement en α-indanone et non en oxyde d'indène.

([8]) Godchot et Mousseron, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2000.

GÉOLOGIE. — *Un nouveau gisement de Dinosauriens jurassiques au Maroc.* Note (¹) de MM. **Jacques Bourcart, Albert F. de Lapparent** et **Henri Termier**, présentée par M. Charles Jacob.

A 20km à l'Ouest de Ouaouizarht (Moyen Atlas méridional), nous avons recueilli des ossements de Dinosauriens dans les terrains rouges qui remplissent la grande cuvette dissymétrique de Sgat-Taguelft.

Du point de vue stratigraphique, on y distingue les trois ensembles suivants :

A. Une série déposée dans une mer ouverte, composée de calcaires et de marnes de couleur claire; elle affleure en grands plans inclinés et accuse ainsi de très loin la disposition périsynclinale des couches.

B. Une série rouge, d'abord d'estuaire, puis fluviatile.

C. Plusieurs venues de laves, dont les deux principales s'intercalent dans la partie haute de la série rouge et donnent naissance à la grande table du Sgat et aux plateaux de l'Irherher et de Tadaout.

Voici, réduite à ses traits principaux, la succession observée dans la région occidentale de la cuvette, au Sud d'Isseksi.

Série A. — 1. Calcaires à plaquettes siliceuses, calcaires oolithiques et à entroques, calcaires graveleux avec Algues, Huîtres, radioles d'Echinides etc.

2. Barre calcaire à Rhynchonelles, contenant en abondance *Rhynchonella subtetraedra* Davidson et *Terebratula* sp.; calcaires marneux pétris de Térébratules : *T. globata* Sow., *T.* cf. *intermedia* Sow.

Série B. — 3. Pélites (²) lie de vin, épais de quelques mètres, avec calcaires gréseux en dalles et marnes jaunes en plaquettes. Près d'Isseksi, petite lentille de basalte interstratifiée, qui paraît avoir soulevé son toit.

4. Calcaires et calcaires marneux à *Plagiostoma Annonii* Mérian, *Pecten* (*Camptonectes*) *lens* Sow., *Mytilus* cf. *laitmairensis* de Loriol, *Terebratula globata* Sow., *T.* cf. *intermedia* Sow., *Zeilleria Waltonii* Davidson, *Z. digona* Sow. var. (³), *Spherotiaris meandrina* Ag. (⁴). D'après l'ensemble de la faune, ce niveau est certainement du Bathonien et appartient probablement à la partie moyenne de l'étage. Nous y avons également récolté une dent palatine de Poisson et une dent de Crocodilien (Téléosauridé?).

(¹) Séance du 12 janvier 1942.

(²) *Pélite*, roche détritique dont les éléments constituants, très fins, sont essentiellement des poussières de quartz avec oxydes ferriques et quelques phyllites; elle ne peut donc être qualifiée, comme on le fait habituellement, de *marne*.

(³) Détermination de L. Guillaume.

(⁴) Détermination de A. Jeannet.

5. Pélites rouges, poudingues, grès verdâtres à Végétaux; au microscope, les éléments des grès se révèlent calcaires, arkosiques, avec glauconie, le ciment étant, en général, calcaire.

6. Ensemble de pélites lie de vin, de grès à ripple-marks et à stratification entrecroisée, de poudingues à petits éléments et contenant fréquemment des fragments d'os roulés.

7. Pélites lie de vin à taches verdâtres, donnant lieu à une dépression.

8. Grès très fins, ondulés; pélites rouges; poudingues à stratification entrecroisée.

9. Pélites rouges très tendres, épais, formant un talus à pente continue; ils contiennent quelques bancs gréseux et, vers le haut, un conglomérat à rares débris d'ossements.

Série C. — 10. Venues volcaniques, épaisses de 8 à 10^{m}, comprenant un cœur en dolérite franche et des parties superficielles en basalte vacuolaire. Ces deux types pétrographiques sont particulièrement riches en labrador; le second, par suite du développement des zéolites, prend localement le faciès spilite.

11. Pélites et grès rouges (10 à 12^{m}).

12. Basalte couronnant la partie ouest du plateau et portant l'ancien poste militaire. La roche montre des phénocristaux entièrement décomposés qui semblent bien avoir été de l'olivine.

Dans la coupe précédente, nous considérons provisoirement les calcaires n° 1 comme pouvant terminer le Bajocien, dont la base contient, à 50^{km} au Nord-Ouest, des Ammonites pyriteuses. Tout le reste de la succession ici décrite, à partir du n° 2, appartiendrait au Bathonien; mais l'âge des couches terminales n'est pas précisé.

Il faut remarquer le passage de la série A à la série B. Le faisceau de couches 3 indique la proximité de la terre émergée. Le faisceau 4 marque un retour offensif de la mer, et le faisceau 5 l'établissement de la sédimentation d'origine surtout continentale. Celle-ci comprend donc des pélites rouges vraisemblablement assimilables à des *vases*, riches en fer comme les vases actuelles du Bou Regreg, et des dépôts de cours d'eau plus rapides tels que des grès et des poudingues.

La série rouge, épaisse de 250 à 300^{m} sur le flanc ouest du Sgat, paraît en avoir 7 à 800^{m} dans la partie orientale de la cuvette, entre Ichichi et Taguelft. On aurait là un bel exemple de formation subsidente dont le fond devait s'affaisser irrégulièrement suivant les points.

Les ossements qui attirèrent notre attention ont été rencontrés à cinq niveaux de la série rouge, sur les pentes Nord-Ouest du Sgat, dans les pélites et les poudingues des couches 6, 8 et 9; 27 points fossilifères ont été, à ce jour, reconnus dans la région. Le principal gisement visité par nous se trouve dans les pélites 5, au Sud d'Isseksi, sur le bord d'un sentier

montant vers le Bled Tigourarine. Les meilleures pièces récoltées sont des disques vertébraux d'un diamètre de 20^{cm}, puis des portions de fémur et d'autres os longs indiquant un Sauropode de très grande taille.

Cette trouvaille vient s'ajouter aux ossements recueillis dans le Bathonien d'El Mers (4) et aux remarquables empreintes de pas de Dinosauriens observées au nombre de 40 dans le Lias supérieur de Demnat (5). Elle incite à entreprendre systématiquement la recherche des Vertébrés dans les faciès continentaux développés, à la bordure du littoral jurassique, en diverses régions du Maroc.

HYDROGÉOLOGIE. — *La percée hydrogéologique de Ruisec-Paloumère (Haute-Garonne).* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M, Emmanuel de Margerie.

La région du Haut-Comminges entre Ger et Salat présente, au nord du col de Portet-d'Aspet (Haute-Garonne), un ensemble de pentes calcaires dont les sommets, à peine plus élevés que les cols qui les séparent, se succèdent sur plus de 15^{km} de longueur. Le point culminant de cette longue arête, le pic de Paloumère (1610^{m}), domine au Nord les affleurements primaires de Milhas, au Sud et au Sud-Ouest les pentes rocheuses chaotiques, entrecoupées de *dolines* et de falaises, qui descendent vers la profonde vallée du Ger.

Nous avons montré précédemment (1) l'intérêt hydrologique et spéléologique de ce massif. On trouve, au fond de nombreux abîmes dont les orifices parsèment les crêtes et les pentes, l'amorce de rivières souterraines, de provenances multiples, qui réapparaissent plus bas dans les galeries profondes de longues cavernes à parcours horizontal. L'eau circule (parfois à la base de Crétacé) à 100, 200^{m} au-dessous de lapiaz superficiel.

Aucune preuve n'existait néanmoins de la communication de tout ce réseau supérieur avec les résurgences des vallées avoisinantes (2).

---

(4) Henri Termier, Jean Gubler et Albert F. de Lapparent, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 768.

(5) H. Plateau, G. Giboulet et Ed. Roch, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.* 1937, p. 241.

(1) F. Trombe, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 172.

(2) E.-A. Martel, *Annales du Ministère de l'Agriculture*, **28**, 1908, p. 16.

Une expérience de coloration (3) nous permet actuellement d'affirmer la continuité du réseau souterrain (Sud, Sud-Ouest) (vallée de Ruisec), le plus important du massif.

Entre le Pic de Paloumère (alt. 1610^m) et la vallée du Ger (alt. 600 à 640^m), une puissante couche calcaire, limitée à l'Ouest par les affleurements du Jurassique, descend parallèlement au thalweg; large de plusieurs kilomètres, elle renferme de nombreuses cavités et plusieurs sources :

1° près du sommet, entre 1500 et 1550^m, plusieurs entrées d'abîmes; l'une (puits de Burtetch) aspire en été l'air avec violence;

2° à 1235 et 1250^m les entrées des grandes cavernes de Ruisec, vastes résurgences fossiles, qui soufflent un fort courant d'air froid;

3° dans la vallée, plusieurs résurgences (Source de Pierre, alt. 1000^m; Sources d'Ansot, alt. 1000^m, qui jaillissent dans le Primaire, grande résurgence du Lac Bleu et du Lac Vert, alt. 630^m).

La communication entre les puits de Burtetch (alt. 1520^m) et l'immense dédale chaotique des cavernes de Ruisec n'a pas été établie par coloration des eaux; néanmoins l'air absorbé en été à Burtetch paraît ressortir avec un débit sensiblement égal à la salle dite de la Pluie (4), qui reçoit aussi, du haut de ses voûtes (alt. 1310^m), par une chute de 40^m, le torrent souterrain le plus important des cavernes de Ruisec. La galerie indépendante creusée par les eaux n'a pu malheureusement être suivie longtemps; après 250^m de parcours difficile, à l'altitude de 1240^m, la voûte plonge profondément (plusieurs mètres) dans l'eau de la rivière.

Le samedi 19 août 1939 à 17^{h}30^m, en présence de M. Raguin, 6^{kg} de fluorescéine soluble ont été jetés sous la chute de la Salle de la Pluie.

Toutes les résurgences éventuelles envisagées ont été surveillées par de nombreux témoins. Aucune coloration n'a été observée à la fontaine de Pierre et aux fontaines d'Ansot. *Seule la résurgence du Lac Bleu a été très fortement colorée* du jeudi matin 24 août au vendredi soir 25 août.

Le temps de passage de la coloration entre la Salle de la Pluie

---

(3) En 1939 une subvention de la Commission des Travaux Scientifiques du Club Alpin français et de la Recherche Scientifique nous a permis d'acquérir la fluorescéine nécessaire.

(4) Les fluctuations de débit et les inversions du sens de circulation de l'air qui sont fonction de la température extérieure s'observent en même temps à Burtetch et à Ruisec.

(alt. 1310^m) et la source du Lac Bleu (alt. 630^m) a donc été de 110 heures; de nombreuses et importantes nappes d'eau comme celles que nous avons rencontrées et un très long parcours souterrain [5] de l'ordre de plusieurs kilomètres peuvent seuls expliquer ce chiffre élevé.

Quoi qu'il en soit *la percée hydrogéologique de Ruisec a une profondeur certaine (à notre connaissance la plus grande de France) de* 680^m. Si l'on admet d'autre part la communication, pour nous indiscutable, des abîmes supérieurs (Burtetch, alt. 1520^m) et de la Salle de la Pluie, la profondeur totale de ce *réseau hydrologique est de* 900^m *environ.*

Il semble d'autre part que les pentes sud-ouest de Paloumère ne soient pas les seules à alimenter la source du Lac Bleu. Les vallées calcaires situées à l'ouest du col de Portet d'Aspet et les pentes nord et nord-ouest du Massif du Piéjeau (alt. 1664^m) doivent probablement être comprises dans le bassin versant de cette résurgence dont le débit, de 100 l:s en été, dépasse parfois 10$^{m^3}$ à la seconde.

CLIMATOLOGIE. — *Loi de la propagation du gel dans le sol en fonction de l'épaisseur de la couche de neige.* Note de M. **Henri Geslin**, présentée par M. Charles Maurain (Extrait).

On sait le rôle d'écran joué par une couche de neige, même de faible épaisseur, sur les échanges thermiques entre l'atmosphère et le sol. Des conditions météorologiques particulièrement favorables au cours du mois de janvier 1941 nous ont permis, de ce point de vue, d'étudier et de définir expérimentalement la loi de la propagation du gel dans le sol.

C'est ainsi que d'abondantes chutes de neige, coïncidant avec le début de la vague de froid qui devait persister du 1er au 18 janvier 1941, ayant été balayées par une forte brise d'entre N et E, au matin du 3 janvier, la neige se trouvait très inégalement répartie dans les champs, certaines cultures étant presque complètement dégagées, d'autres disparaissant sous près de 30^{cm} de neige [1]. Cette situation s'étant maintenue pratiquement

---

(5) L'eau, dont la température est de 6° C. à la Salle de la Pluie, coule à 8° C. au Lac Bleu.

(1) A cette même date est noté le début du gel dans le sol, dans les parties de terrain dégagées de neige.

sans changement, nous avons procédé, le 15 janvier, à une série de sondages dans une des pièces du domaine du Centre National de Recherches agronomiques de Versailles, pièce d'une vingtaine d'hectares environ. Les résultats des mesures effectuées sont consignés ci-dessous.

E........	0	0,5	2,5	9	18	21	26
P obs.....	–	40	28	12	3,3	1,3	0,5
calc....	41,4	38,6	29,1	11,7	3,2	2,1	1,0

E, épaisseur x de la couche de neige en cm; P, profondeur y du sol gelé en cm.

Les nombres de la dernière ligne sont calculés par la formule exponentielle

$$(1) \qquad y = y_0 . 10^{-mx} \qquad (y_0 = 41,45, \; m = 0,06125).$$

L'accord entre les déterminations expérimentales et théoriques est très satisfaisant, tout au moins tant que la couche de neige ne dépasse pas une certaine épaisseur. A ce moment, le flux de chaleur provenant de la profondeur de la terre devient supérieur à celui qui a traversé l'écran de neige et tend à s'opposer à la pénétration du gel dans le sol. Cette couche limite pour laquelle il y a équilibre entre les deux flux est susceptible de varier suivant l'état physique initial du sol (notamment le taux d'humidité) et l'importance du refroidissement extérieur; ceci ne peut avoir pour conséquence que d'affecter les valeurs de y_0 et m de la relation (1). Cette année, dans un sol très humide et à la suite d'une période de gelées particulièrement exceptionnelle, une couche de neige de 26^{cm} aura été nécessaire pour empêcher tout gel du sol; avec une épaisseur de 1 à 2^{cm}, la gelée a pénétré à près de 30^{cm}, la température à 5^{cm} de profondeur oscillant entre —3 et —6° pendant plusieurs jours.

MYCOLOGIE. — *Mode de formation des ornementations sporales chez quelques Discomycètes operculés.* Note de Mme **Marcelle Le Gal**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Sur cinq espèces, *Trichophæa paludosa* Boud., *Lamprospora Crec'hqueraultii* (Cr.) Boud. et var. *macracantha* Boud., *Ciliaria pseudotrechispora* Schröt., *Melastiza Chateri* (Smith) Boud. sensu Grelet et *Peziza bicucullata* Boud., examinées notamment au moyen des colorants vitaux (rouge neutre, bleu de crésyl), nous avons observé que les ornementations

sporales étaient des *formations périsporiques surnuméraires*. Ces ornementations donnent les réactions des composés calloso-pectiques et s'élaborent aux dépens de substances qui semblent originaires de l'épispore. Leur morphogenèse peut suivre, selon les espèces, deux processus différents.

1. Chez *Trichophæa paludosa* les spores jeunes, encore lisses, présentent bientôt, sur leur pourtour, de légères bosses turgescentes, puis sur ces gonflements apparaissent des pustules jaunâtre verdâtre, alors non colorables, entourées d'une mince couche réfringente. Ces pustules, d'abord serrées les unes contre les autres, grossissent et s'arrondissent dans l'épiplasme, puis s'isolent à mesure que la spore augmente de volume. Elles donnent de plus en plus intensément la réaction des composés calloso-pectiques, mais, tandis que leur masse entière se teinte au bleu coton, seule leur couche périphérique se colore fortement aux bleus de naphtylène et de méthylène. Chez *Lamprospora Crec'hqueraultii* et sa var. *macracantha*, la spore encore lisse présente un double épispore comprenant une couche profonde hyaline et une couche externe différenciée, plus mince, jaunâtre dans le rouge neutre. Les pustules jaunâtres qui naissent à la surface de cet épispore s'allongent bientôt parmi le système vacuolaire de l'épiplasme, tandis que leur base semblerait traverser la couche profonde de la membrane épisporique. Elles vont donner peu à peu les réactions des composés calloso-pectiques, mais, comme chez l'espèce précédente, leur couche périphérique absorbera surtout les colorants des composés pectiques. Cette ornementation prendra l'aspect de fines aiguilles souvent courtes, mêlées de grosses épines aplaties, creusées au centre et parfois recourbées au sommet. Cette forme paraît due à la pression que les petites vacuoles turgescentes et les granulations lipidiques de l'épiplasme ou les épines de spores voisines ont exercée sur elles au moment de leur formation. Traitée par l'eau de Javel, cette ornementation se dissout : l'épispore, qui paraissait déformée comme si les épines le traversaient, semble se distendre et la spore, avec toutes ses membranes, redevient parfaitement ronde et lisse.

2. Lorsque les spores jeunes ont acquis leur membrane propre, elles apparaissent parfaitement lisses au milieu du système vacuolaire du protoplasme de la thèque. Mais bientôt l'épiplasme se décolle autour d'elles en même temps que l'espace ainsi formé se remplit d'une matière au milieu de laquelle la spore se trouve logée. C'est à l'intérieur de cette *périspore* que va s'élaborer l'ornementation. La matière périsporique primitive semble homogène, mais son volume s'accroît rapidement et elle se fragmente en

grosses masses globuleuses, ou aplaties lorsqu'elles sont comprimées entre la spore et la paroi de la thèque, ou allongées dans les parties où elles peuvent se développer librement, surtout aux deux pôles de la spore. A cet endroit, elles peuvent même se superposer sur deux rangs. Ces masses, parfois seulement visibles à la mince pellicule plus réfringente qui les sépare, sont blanchâtre à jaunâtre très pâle dans le bleu de crésyl, plus teintées dans le rouge neutre et n'absorbent pas les colorants des composés calloso-pectiques. Mais bientôt, à partir de la spore, une substance membranaire apparaît qui donne la réaction de ces derniers. Elle couvre l'épispore d'une mince pellicule et se répand entre les masses périsporiques qu'elle enveloppe, ou qu'elle appréhende à la manière de crochets ou de pinces. La spore continue de grossir et les masses disparaissent peu à peu et plus ou moins complètement, comme *digérées* par la substance membranaire à mesure que celle-ci se développe, donnant de plus en plus intensément les réactions des composés calloso-pectiques. C'est donc la substance membranaire moulée sur les masses périsporiques qui forme les éléments de l'ornementation sporale, laquelle prendra un aspect différent suivant que cette substance sera plus abondante et ces masses moins labiles.

Chez *Ciliaria pseudotrechispora*, la substance membranaire entourant profondément des masses labiles, il se forme un réseau alvéolé avec parfois, aux extrémités de la spore, des prolongements au contour extérieur arrondi et dont l'intérieur, creusé circulairement, porte l'empreinte de la masse sphérique sur laquelle ils se sont moulés. Il apparaît nettement ici que l'ornementation s'appose à la spore, puisque, autour de certaines spores mûres, on aperçoit une enveloppe calloso-pectique à l'intérieur de laquelle celles-ci sont logées comme dans une coque dont elles n'occupent pas tout le volume. Chez *Melastiza Chateri*, la substance membranaire forme un fin réseau bas et incomplet retenant çà et là dans ses mailles et recouvrant d'une mince pellicule de grosses pustules, vestiges des masses périsporiques. Ces pustules n'absorbent le bleu coton qu'en surface, mais se colorent en violacé au bleu de méthylène. Traitées par le réactif de Schulze, les spores deviennent lisses. L'ornementation de *Peziza bicucullata* est également complexe. Elle comprend des épines crochues et des amorces d'alvéoles moulées sur des masses périsporiques caduques et, en plus, des collerettes, deux généralement, provenant de masses différentes, moins labiles et plus fluides, qui se sont fusionnées autour de la spore jeune. Cette ornementation paraît surtout callosique. Elle se colore intensément au bleu coton, superficiellement au bleu de naphtylène et ne semble pas

subir de désagrégation après séjour dans le réactif de Schulze. Sous l'action de l'eau de Javel, le corps même de la spore se dépouille de la coque périsporique, munie de ses ornementations.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'action d'hydrocarbures* cancérigènes *sur le tissu libérien de Carotte cultivé* in vitro. Note [1] de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Poursuivant des recherches sur les phénomènes de dédifférenciation cellulaire, nous avons été amené à essayer l'action de diverses substances, réputées productrices de mitoses, sur le tissu libérien et sur le cambium de Carotte cultivés aseptiquement *in vitro*. Nous avons fait agir en particulier deux carbures d'hydrogène dont les applications provoquent des tumeurs cancéreuses chez les animaux : le benzopyrène et le méthylcholanthrène utilisés en solution à 0,05 % dans l'huile de ricin.

A partir d'un même lot de carottes provenant d'une même variété de graines, nous avons réalisé simultanément les cultures suivantes :

1° Une série de 24 échantillons sur liquide de Knop dilué à 2 volumes, additionné de 2 % de glucose et gélosé à 2 % ;

2° Une série de 24 échantillons sur le même milieu additionné de 0,005 % d'hétéro-auxine;

3° Une série de 24 échantillons sur le premier milieu; 12 de ces échantillons étaient posés partiellement sur une goutte d'huile de ricin pure déposée sur le milieu gélosé; les 12 autres avaient été injectés aseptiquement également avec de l'huile de ricin.

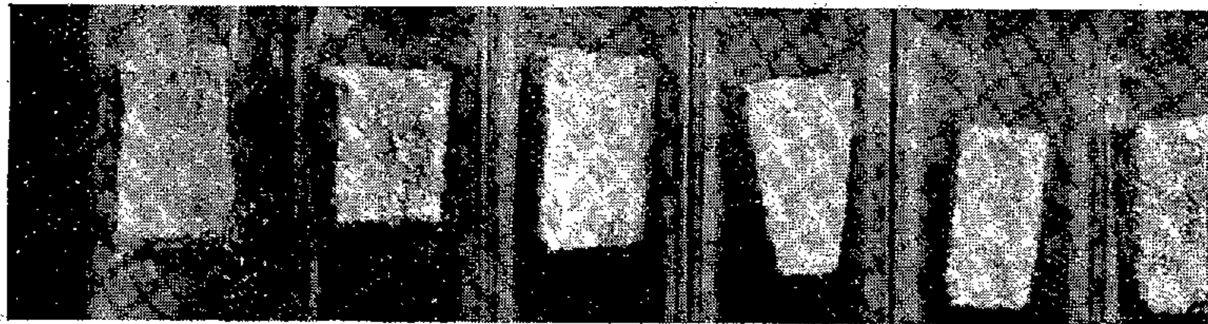
Ces trois séries de cultures devaient servir de témoins.

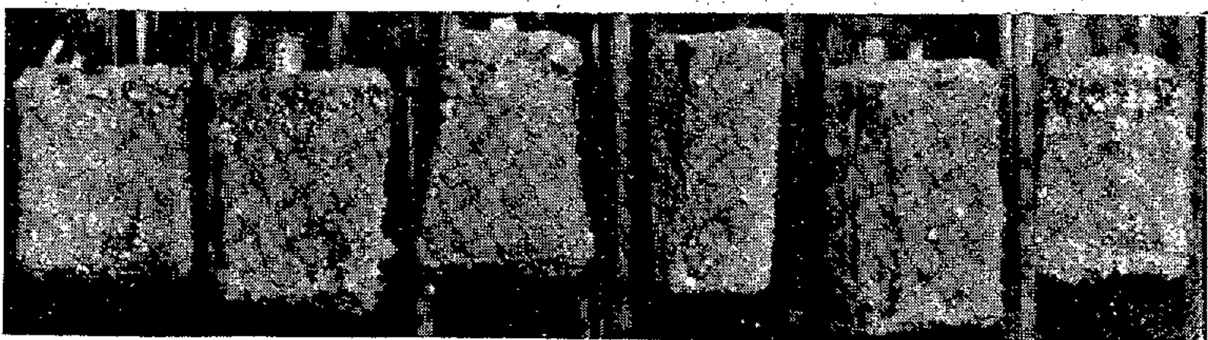
4° Une série de 24 échantillons disposés comme suit : 12 reposaient partiellement sur une goutte de la solution de benzopyrène dans l'huile de ricin, les 12 autres avaient reçu une injection de cette solution.

5° Enfin une série de 24 échantillons étaient soumis à l'action de la solution de méthylcholanthrène, 12 reposant en partie sur une goutte de solution, les 12 autres ayant subi une injection de cette même solution.

Dans tous les cas, le tissu libérien, isolé du bois au niveau de la zone génératrice, était couché sur le milieu gélosé coulé en tubes, la face

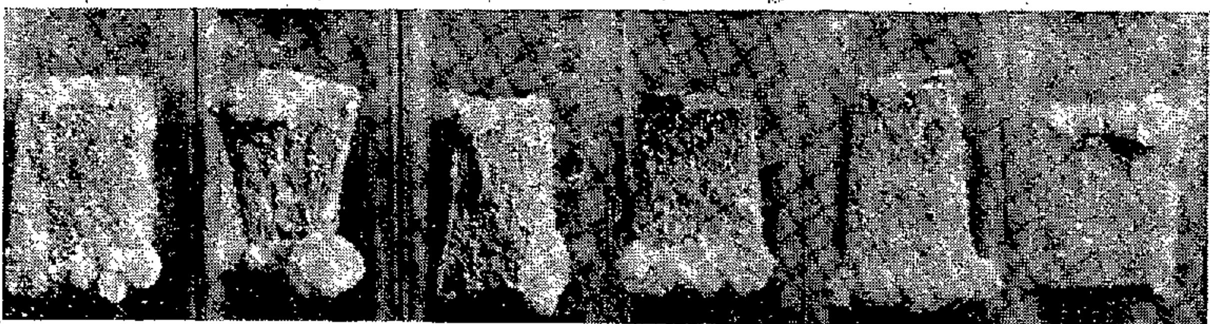
[1] Séance du 12 janvier 1942.













morphologiquement externe reposant sur le milieu, selon la technique de R.-J. Gautheret ([1]).

Les photographies reproduites dans cette Note ont été prises après 78 jours de culture (5 août-22 octobre 1941). Au bout de ce temps on constate que

1° *sur le liquide de Knop glucosé*, les échantillons se sont seulement recouverts d'une fine couche de *cellules migratrices* ([2]) qui n'a que très peu altéré les formes à arêtes vives des fragments initiaux (première rangée sur la figure);

2° *sur le milieu additionné d'hétéroauxine*, la prolifération des cellules migratrices est plus importante, et l'on observe en général un léger gonflement du tissu cambial, surtout à l'une des extrémités du fragment (2e rangée). La sole de ces fragments présente souvent des jeunes racines;

3° *avec de l'huile de ricin pure*, on obtient moins de cellules migratrices, mais quelques excroissances du cambium peu importantes sur quelques échantillons seulement et pas de racines (3e rangée);

4° et 5° *dans les deux dernières séries* se sont au contraire développées des excroissances considérables, dans la proportion de 9 à 11 sur 12. (4e rangée, benzopyrène, fragments posés sur une goutte de solution; 5e rangée, méthylcholanthrène, id.; 6e rangée, méthylcholanthrène, fragments injectés).

PHARMACOLOGIE. — *Recherches sur l'action nerveuse des vitamines.* Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. Louis Lapicque.

Vis-à-vis du système nerveux, comme dans les autres domaines organiques, les vitamines se caractérisent surtout par les effets résultant de leur apport déficitaire, les symptômes d'avitaminose. Les signes nerveux sont surtout nets dans l'avitaminose B1 (forme nerveuse du béri-béri, polynévrite aviaire etc), l'avitaminose PP (folie pellagreuse), l'avitaminose A (troubes nerveux constatés par Mellanby, A Chevallier), l'avitaminose E (d'après Einarson et Ringsted etc).

Malgré la démonstration du rôle général des vitamines dans l'organisme (intervention dans le métabolisme cellulaire des vitamines hydrosolubles, rôle de la vitamine D dans la régulation de la calcémie, action des vitamines sur la glycémie, le fonctionnement des glandes endocrines etc), on admet que leur introduction chez un sujet non carencé n'a que peu d'effet, que

([2]) R.-J. Gautheret, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 259.

leur pouvoir pharmacodynamique est faible, ne se manifestant le plus souvent qu'à doses élevées, bien supérieures à celles qui suffisent à préserver de la carence (accidents d'hypervitaminose A, B1, ou D). Aussi l'action élective heureuse des vitamines dans des maladies de plus en plus nombreuses indiquerait à l'origine de ces maladies un état de carence légère, d'hypovitaminose, sinon comme facteur principal, tout au moins comme cause adjuvante, l'existence réelle d'un tel état n'ayant pas toujours pu être démontrée directement.

Disposant, avec la technique chronaximétrique de L. Lapicque, d'une méthode d'analyse fine et précise du fonctionnement nerveux, nous avons recherché les effets des principales vitamines sur le système nerveux d'animaux normaux non carencés (Rats, Cobayes ou Lapins); nous déterminions les chronaxies motrices (extension et flexion des orteils) et sensitive (réflexe de flexion croisé), périphériques et une chronaxie corticale correspondante, après injection intrapéritonéale de la vitamine, les mesures étant prises comme en électrologie clinique humaine, les électrodes appliquées sur la peau intacte au niveau des points moteurs chez le sujet éveillé [1]. Les changements observés consistent, soit en une diminution (signe d'excitation nerveuse), soit une augmentation (indice d'inhibition nerveuse) des chronaxies; en ce qui concerne les valeurs périphériques, la variation ne se produisait plus après élimination des centres par section du nerf en haut de la patte; il s'agissait donc du retentissement sur le nerf de phénomènes d'origine centrale (subordination de Lapicque), soit encéphalique (il y a alors parallélisme entre les modifications des chronaxies corticales et périphériques, et le retentissement périphérique disparaît par anesthésie générale de l'animal comme après section du nerf), soit médullaire (le retentissement ne disparaît pas par anesthésie); dans ce cas, il y a néanmoins action encéphalique, comme le montre la variation de chronaxie corticale qui, ici, était de même sens que la variation périphérique.

L'ensemble de ces recherches nous a conduit aux résultats suivants :

1° Les principales vitamines sont douées d'une activité remarquable vis-à-vis des centres nerveux, en dehors de tout état de carence, et cela pour des doses aussi faibles que celles nécessaires à la prévention de la carence (soit pour un cobaye de poids moyen, de l'ordre du microgramme : vitamines B_1 et A, ou au plus du milligramme). Les variations des chronaxies indiquent une action excitante pour A, C et D, une action inhibitrice pour PP, une action diphasique d'abord excitante, puis inhibitrice pour B_1 et E. Il y a en général (sauf pour E), tendance à l'égalisation des chronaxies des antagonistes, d'où de l'incoordination motrice. L'amplitude

---

[1] P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, pp. 136, 248 et 1428.

et la durée des variations dépend beaucoup de la dose injectée (cas de B_1, C, D) ou varie bien moins (E) ou à peine (A) avec ce facteur. Étant données la rapidité d'action et la faiblesse des doses, il doit s'agir là d'un effet direct sur les cellules nerveuses et non d'un effet secondaire, notamment d'ordre glycémique qui modifierait d'ailleurs tout autrement l'excitabilité [2]. Des doses plus élevées de vitamine D nous ont permis de déceler une action de sens inverse due à l'influence hypercalcémiante de cette vitamine.

Ces corps peuvent être ainsi rangés à leur place respective parmi les excitants et les dépresseurs nerveux, et ce pouvoir pharmacologique doit intervenir dans leur efficacité thérapeutique; ils peuvent exercer d'heureux effets en tant que stimulants ou calmants nerveux dans des maladies où l'avitaminose ne joue aucun rôle [3], on peut expliquer également, d'une part certains accidents d'hypervitaminose (crises convulsives avec un excès de B_1 ou A), de l'autre, divers effets de synergie ou d'antagonisme qui ont été observés entre les vitamines soit à l'état normal, soit dans les avitaminoses.

2° Alors que toutes les vitamines hydrosolubles étudiées (B_1, C, PP) ont une action purement encéphalique, les vitamines liposolubles (A, D, E) agissent en outre, et dans le même sens, sur la moelle. Cette extension du siège d'action doit tenir à une fixation plus intense des vitamines liposolubles sur les centres nerveux qui sont riches en substances lipidiques.

3° Il existe une certaine ressemblance entre les effets pharmacologiques des vitamines sur l'organisme normal et les accidents d'avitaminose; parenté de siège [action uniquement encéphalique de la vitamine B_1 et origine encéphalique des modifications chronaxiques dans l'avitaminose B_1 [4]; vitamine A comme avitaminose A [5] touchent moelle et encéphale; les troubles médullaires sont importants dans l'avitaminose E, cette vitamine a une action sur la moelle], et même souvent action identique (effets excitants des petites doses de vitamine B_1 comme de l'avitaminose B_1 au stade final; de la vitamine A comme de l'avitaminose A). Un tel parallélisme, si curieux soit-il, avait déjà été noté entre les accidents d'hypervitaminose et d'avitaminose (notamment avec B_1 et A). Un phéno-

---

(2) P. Chauchard, *Revue Neurol.*, 73, 1941, p. 245.

(3) P. Chauchard, *Bull. Ac. de Méd.*, 124, 1941, p. 369.

(4) P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 138.

(5) P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1432.

mène analogue se retrouve pour un autre corps nécessaire à l'organisme, l'oxygène [action souvent parallèle de l'anoxie et de l'hyperoxie ([6])].

4° Notons enfin que l'état d'avitaminose paraît modifier la sensibilité des centres à l'action, soit de la vitamine elle-même [effets calmants de petites doses normalement excitantes de vitamine B_1 sur des centres excités par l'avitaminose B_1 ([7])], soit d'autres vitamines (le même effet calmant s'obtient dans cette avitaminose avec la vitamine C, normalement excitante; l'aneurine à petites doses calme l'excitation de l'avitaminose A).

Nous pouvons conclure de notre étude que le fonctionnement correct des centres nerveux est lié à un taux déterminé, normal des diverses vitamines. Leur présence en excès, même très légèrement, cause, comme leur carence, des modifications caractéristiques de l'excitabilité nerveuse.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'insensibilité des Insectes aux hormones génitales des Vertébrés.* Note de M. **Pierre Joly**, présentée par M. Charles Pérez.

Les études récentes sur les hormones d'Invertébrés ayant montré dans quelques cas, sécrétine du Poulpe (Ledrut et Ungar), expantine des Crustacés (Abramowitz), une parenté entre ces corps et les hormones correspondantes des Vertébrés, il nous a semblé intéressant d'étudier l'action sur un Insecte des hormones génitales de Vertébrés, actuellement bien connues et isolées à l'état pur. Il n'existe en effet que peu de travaux envisageant cette question, et leurs auteurs se sont généralement contentés de faire absorber l'hormone ou même un extrait de glande en les mêlant aux aliments de l'animal; c'est ainsi que Abderhalden a étudié l'action de l'extrait préhypophysaire sur des Chenilles, Dantchakoff et Vachkovitchute celle des hormones sexuelles sur la larve de Drosophile.

Nous avons choisi comme matériel divers Dytiques, *Macrodytes marginalis, M. circumflexus, M. dimidiatus.* Ces animaux présentent l'avantage de vivre longtemps à l'état imaginal et de pondre chaque année à une époque bien déterminée : de la première quinzaine de mars à la fin de mai. Pendant les autres mois, l'ovaire reste à l'état de repos complet. Durant ce

---

([6]) A., B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 515; 135, 1941, pp. 23 et 531.

([7]) P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 156.

repos, chaque gaine ovarienne continue à former des ovocytes à son sommet, tandis que la chaîne des œufs et de leurs cellules nourricières s'accroît régulièrement. L'œuf le plus ancien, ayant acquis une taille déterminée, caractéristique pour chaque espèce, entre en dégénérescence et est résorbé par son follicule. Celui-ci, vide, se ramasse en un petit massif cellulaire obturant l'extrémité de l'ovariole et constituant le *Corpus Luteum*. En période d'activité génitale au contraire, l'œuf le plus ancien continue à s'accroître pour atteindre une taille 5 à 10 fois supérieure à celle des plus gros œufs d'un ovaire au repos. Il est donc aisé, par simple dissection de l'ovaire, de reconnaître s'il présente ou non quelque trace d'activité.

Nous avons essayé l'action des produits suivants :

Gonadostimulines A et B (extrait aqueux injectable);
Propionate de testostérone (solution huileuse);
Benzoate de folliculine (solution huileuse);
Progestérone (solution huileuse).

Dans chaque cas, l'hormone était injectée dans la cavité hémolymphatique de l'Insecte au moyen d'une aiguille hypodermique très fine et d'une seringue à huile grise pour les doses supérieures à 1/40e de centimètre cube et au moyen d'une fine pipette de verre préalablement jaugée pour les quantités plus faibles. Nous avons utilisé deux territoires d'injection : d'une part la membrane molle constituant la face dorsale de l'abdomen, permettant d'injecter directement dans le péricarde, d'autre part l'une quelconque des membranes intersegmentaires de la face ventrale. L'un comme l'autre mode d'injection est parfaitement supporté par l'animal, qui peut, sans inconvénient, recevoir jusqu'à 3/4 de centimètre cube d'huile en une dizaine de jours. Enfin nous avons aussi essayé l'action d'une solution hydroalcoolique de folliculine administrée *per os* au moyen d'une sonde œsophagienne.

Les quantités à injecter ont été calculées de la manière suivante : Un dytique pesant en moyenne 2^g et un homme 60^{kg}, nous avons pris comme *dose unité* la dose maxima prescrite en thérapeutique humaine multipliée par le rapport des poids, soit 2/60000. Nous avons étudié quatre lots d'animaux qui recevaient environ :

Lot.....	1.	2.	3.	4.
Dose unité......	1	10	100	1000

Le tableau ci-après indique pour chaque hormone la quantité exacte injectée et le nombre des injections pratiquées.

Nature de l'hormone.	Nombre de doses (unité).	Doses en unités internationales ou en mg d'hormone cristallisée.	Nombre et fréquence des injections.
Gonadostimulines A et B..	1	0,3 U.I.	En 3 fois, tous les 2 jours
	10	3,0 »	3 » 2 »
	100	30,0 »	3 » 2 »
	1000	300,0 »	3 » 2 »
Propionate de testotérone.	6,25	0,25 mg	En 1 fois
	50,00	2,00 »	2 fois, tous les 5 jours
	187,50	7,50 »	3 » 3 »
Benzoate d'œstradiol (Folliculine)...............	1,25	0,00125 mg	En 1 fois
	12,50	0,01250 »	1 »
	125,00	0,12500 »	2 fois, tous les 5 jours
	1250,00	1,25000 »	10 » 1 »
Progestérone............	1	0,001 mg	En 1 fois
	10	0,010 »	1 »
	125	0,125 «	2 fois, tous les 5 jours
	1000	1,000 »	10 » 1 »

Dans chaque cas l'autopsie a été pratiquée de 12 à 15 jours après la dernière injection. L'état des ovaires de chaque femelle a été contrôlé par dissection et celui des mâles par pesée des testicules et glandes annexes.

Sur aucun des animaux mis en expérience, quels qu'aient été l'hormone employée, la dose utilisée, l'espèce et le sexe de l'animal, il ne nous a été possible de déceler la moindre différence avec les animaux témoins non traités.

Aucune hormone génitale de Vertébré actuellement connue, tant hypophysaire que testiculaire ou ovarienne, même administrée par voie sanguine, n'a donc la moindre action sur le tractus génital des Dytiscides. Nous pouvons en conclure que s'il existe chez les Insectes, comme cela semble résulter des recherches de Wigglesworth sur le *Rhodnius*, une hormone génitale, celle-ci est différente de celles des Vertébrés.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 15 décembre 1941.)

Note de M. *Léonce Bert*, Sur une nouvelle méthode générale de synthèse des essences allyliques et propényliques :

Page 874, ligne 9, *au lieu de* du sapol (³), *lire* du safrol (³); lignes 10-11, *au lieu de* de l'éther méthylénique, du pyrocatéchol, *lire* de l'éther méthylénique du pyrocatéchol; ligne 20, *au lieu de* alcolyle, *lire* alcoyle.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1941.

Savoir en Histoire naturelle. Volume VII. *Formulaire technique du zoologiste préparateur et voyageur. Ce qu'il faut savoir pour l'observation, la récolte, la préparation, les élevages*, par F. Bourlière, in *Guides techniques du naturaliste*, volume I. Paris, Paul Lechevalier. 1941; 1 vol. 19cm (présenté par M. A. Chevalier).

Id. Volume VIII. *Ce qu'il faut savoir des Abeilles. La pratique du Rucher*, par Gaston Portevin. Paris, Paul Lechevalier, 1941; 1 vol. 19cm (présenté par M. A. Chevalier).

Institut français d'archéologie de Stamboul. *Phrygie. Exploration archéologique faite et publiée sous la direction de M. Albert Gabriel.* Tome I. *Géologie et Géographie physique*, par Ernest Chaput. Paris, E. de Boccard, 1941; 1 vol. 29cm,5 (présenté par M. Ch. Jacob).

Bulletin des Laboratoires de géologie, minéralogie, géophysique et du Musée géologique de l'Université de Lausanne, n° 72. *Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes*, par Maurice Lugeon et Élie Gagnebin. Lausanne, Imprimerie commerciale, 1941; 1 vol. 24cm,5 (présenté par M. Ch. Jacob).

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JANVIER 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice sur M. ALBERT VAYSSIÈRE, par M. **MAURICE CAULLERY.**

ALBERT VAYSSIÈRE, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Anatomie et Zoologie, depuis le 18 février 1918, est décédé à Marseille le 13 janvier à l'âge de 87 ans, étant né à Avignon le 8 juillet 1854. Toute sa carrière scientifique s'est déroulée à la Faculté des Sciences de Marseille. Ayant, dès sa jeunesse, le goût des sciences naturelles, il avait subi, comme étudiant, l'influence animatrice de A.-F. Marion, qui fut aussi Correspondant de l'Académie et qui occupait alors à Marseille la chaire de Zoologie de la Faculté des Sciences, à laquelle il a donné un grand éclat. Vayssière restait à peu près le dernier survivant d'une pléiade d'élèves de Marion, qui, à Marseille ou ailleurs, ont occupé des chaires dans diverses universités. Marion avait d'ailleurs attiré aussi d'éminents zoologistes étrangers, comme, en particulier, l'illustre Alexandre Kowalewsky, et fait de son laboratoire l'un des plus actifs de l'Europe.

C'est dans ce milieu que s'est formé Albert Vayssière. Il a été successivement préparateur de Zoologie à la Faculté des Sciences, chargé de cours, puis professeur de Zoologie agricole, jusqu'à sa retraite en 1924. J'ai eu personnellement le plaisir d'être son Collègue, de 1900 à 1903, et j'ai pu apprécier l'aménité de son caractère et être témoin de son assiduité au travail. Tout le temps qui n'était pas consacré à son enseignement l'était à ses recherches. Il était toujours à son laboratoire, où il avait réuni d'importantes collections qu'il étudiait. Il a poursuivi ses travaux même au delà de la retraite. Des liens familiaux l'amenaient chaque printemps

à Paris et on pouvait l'y voir fréquenter régulièrement les séances de l'Académie. Il recourait souvent alors, pour ses recherches, aux collections du Muséum. Pendant les vacances, il séjournait ordinairement sur la côte provençale, à Carry, et c'était encore pour lui l'occasion de faire des récoltes zoologiques. A Marseille, en dehors de la Faculté, il a été, pendant une série d'années, directeur du Musée d'Histoire naturelle, après son maître A.-F. Marion et après Gaston Vasseur (décédé en 1915), qui a été aussi Correspondant de l'Académie, pour la Section de Minéralogie.

Les travaux de Vayssière se sont succédé avec régularité et ont porté surtout sur l'anatomie des Mollusques, plus particulièrement des Gastéropodes et surtout des Opisthobranches (Tectibranches et Nudibranches). Il leur a consacré de très nombreux Mémoires et Notes, en particulier sa Thèse de doctorat sur les Bullidés (1880), plusieurs monographies étendues, qui lui ont valu le prix Gay en 1899. Il a étudié surtout les espèces du golfe de Marseille, mais aussi de nombreux types exotiques, que lui procuraient personnellement des correspondants et des voyageurs. Je citerai, entre autres, à cet égard, ses recherches sur les *Cypraeidæ* (Porcelaines). Il a décrit les collections de Gastéropodes de plusieurs expéditions maritimes (*Talisman*, *Hirondelle* et *Princesse-Alice*, *Caudan*, *Français*, *Pourquoi-Pas?*). Tous ces travaux comportent des recherches anatomiques minutieuses et forment un ensemble important. Il a touché accessoirement à la plupart des autres classes de Mollusques.

Un autre champ de recherches de Vayssière était les Insectes, et spécialement le groupe des Éphémérides. Il y avait, dès 1880, reconnu la larve d'une Éphémère dans une forme décrite antérieurement sous le nom de *Prosopistoma* et considérée, de façon erronée, comme un Crustacé. Ces recherches, continuées ultérieurement, lui avaient valu, en 1880, le prix Thore.

Albert Vayssière a été, pendant une longue vie, un travailleur méritant et persévérant, en même temps que modeste. Ceux qui l'avaient connu dans sa jeunesse avaient souvent craint alors pour sa santé. Il a cependant survécu à presque tous ses compagnons de travail, gardant jusqu'au bout, presque sans changement perceptible, la même silhouette un peu frêle et fragile. Il emporte l'estime et la sympathie de tous ceux qui l'ont approché.

ANALYSE COMBINATOIRE. — *Sur le nombre des combinaisons avec répétitions limitées.* Note de M. **Paul Montel.**

1. Appelons *combinaison avec répétitions limitées* de n objets pris p à p tout groupe de p de ces objets, chacun d'eux pouvant y figurer au plus un nombre donné de fois non supérieur à p. Les n objets figureront au plus, a_1, a_2, ..., a_n fois respectivement; les entiers a_i sont inférieurs ou égaux à p et leur somme est supérieure ou égale à p afin qu'une telle combinaison puisse exister. Lorsque $a_1 = a_2 = \ldots = a_n = p$, on retrouve les combinaisons avec répétitions habituelles.

M. E. Galvez Laguarta et M. P. Sergescu [1] ont déterminé le nombre des combinaisons avec répétitions limitées en fonction de $n, p, a_1, a_2, \ldots a_n$; le premier, pour $n=2$, le second, dans le cas général. Je me propose de donner d'autres formules exprimant ce nombre et de les rattacher aussi à des considérations de géométrie analytique. La comparaison des formules obtenues nous conduira à diverses identités.

Le nombre des combinaisons avec répétitions habituelles, pour n objets pris p à p, est égal à

$$\frac{(p+1)(p+2)\ldots(p+n-1)}{(n-1)!}.$$

Nous le désignerons par $\varphi(p+1)$ en posant

$$\varphi(u) = \frac{u(u+1)\ldots(u+n-2)}{(n-1)!},$$

lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté à sous-entendre le nombre n. Nous désignerons aussi par $\overset{+}{\varphi}(u)$ une fonction égale à $\varphi(u)$ lorsque u est positif ou nul et à zéro lorsque u est négatif ou nul; on a $\varphi(0)=0$.

2. Le nombre N des combinaisons de n objets pris p à p est égal au nombre des monomes à n variables $x_1^{\lambda_1} x_2^{\lambda_2} \ldots x_n^{\lambda_n}$ de degré p et tels que

$$0 \leqq \lambda_1 \leqq a_1, \quad 0 \leqq \lambda_2 \leqq a_2, \quad \ldots, \quad 0 \leqq \lambda_n \leqq a_n.$$

Soit

$$P_i(x) \equiv 1 + x + x^2 + \ldots + x^{\lambda_i} + \ldots + x^{a_i} = \frac{1 - x^{a_i+1}}{1-x};$$

---

[1] E. Galvez Laguarta, *Universitad, Saragoza*, 17, 1940, pp. 469-474; P. Sergescu, *Bulletin de la Section scientifique de l'Académie Roumaine*, 23, 1941, pp. 1-7.

le nombre des monomes considérés est égal au coefficient de x^p dans le produit

$$P_1(x)P_2(x)\ldots P_n(x)=\frac{(1-x^{a_1+1})(1-x^{a_2+1})\ldots(1-x^{a_n+1})}{(1-x)^n}.$$

Ce produit peut aussi s'écrire

$$\left[1-\sum_i x^{a_i+1}+\sum_{i,j} x^{a_i+a_j+2}-\ldots+(-1)^n x^{a_1+a_2+\ldots+a_n+n}\right]\times[\varphi(1)+\varphi(2)x\ldots+\varphi(m)x^{m-1}+\ldots].$$

Le coefficient de x^p est alors

$$N=\varphi(p+1)-\sum_i\varphi(p-a_i)+\sum_{i,j}\overset{+}{\varphi}(p-a_i-a_j-1)-\sum_{i,j,k}\overset{+}{\varphi}(p-a_i-a_j-a_k-2)+\ldots$$
$$+(-1)^{n-1}\sum_i\overset{+}{\varphi}(p-a_1-a_2-\ldots-a_{i-1}-a_{i+1}-\ldots-a_n-n+1).$$

3. On peut obtenir, pour représenter N, une infinité d'expressions équivalentes en faisant varier la forme du monome qui correspond à chaque combinaison avec répétitions. Au lieu du monome adopté dans le paragraphe précédent, on peut prendre

$$x_1^{r_1\pm q\lambda_1}x_2^{r_2\pm q\lambda_2}\ldots x_n^{r_n\pm q\lambda_n},$$

$r_1, r_2, \ldots, r_n$, q désignant des entiers naturels choisis de manière que les exposants ne deviennent pas négatifs lorsque $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ varient. Prenons par exemple le monome

$$x_1^{a_1-\lambda_1}x_2^{a_2-\lambda_2}\ldots x_n^{a_n-\lambda_n};$$

un calcul analogue au précédent donnera

$$N=\varphi(a_1+a_2+\ldots+a_n-p+1)-\sum_i\overset{+}{\varphi}(a_1+a_2+\ldots+a_{i-1}+a_{i+1}+\ldots+a_n-p)$$
$$+\sum_{i,j}\overset{+}{\varphi}(a_1+a_2+\ldots a_{i-1}+a_{i+1}+\ldots+a_{j-1}+a_{j+1}+\ldots+a_n-p-1)-\ldots$$
$$+(-1)^n\sum_{i,j}\overset{+}{\varphi}(a_i+a_j-p-n+3).$$

C'est la formule de M. P. Sergescu. En égalant les deux valeurs obtenues pour N, on obtient une identité qui lie des coefficients du binome

$$\varphi(p+1)=\sum_{k=1}^{k=n}(-1)^{n-k}\sum_{a_1,a_2,\ldots,a_k}\varphi(a_1+a_2+\ldots+a_k-p-n+k+1),$$

le signe $\sum\limits_{a_1, a_2, \ldots, a_k}$ désignant la somme étendue à toutes les combinaisons simples des nombres $a_1, a_2, \ldots, a_n$, pris k à k.

4. On peut donner une interprétation géométrique simple des considérations qui précèdent. Bornons-nous, pour simplifier le langage, au cas où n est égal à 4. Le nombre N est égal au nombre des paramètres homogènes arbitraires dont dépend une surface algébrique d'ordre p qui admet aux sommets du tétraèdre de référence des points multiples d'ordres

$$\alpha_1 = p - a_1, \quad \alpha_2 = p - a_2, \quad \alpha_3 = p - a_3, \quad \alpha_4 = p - a_4.$$

La détermination de ce nombre de paramètres conduit à la première expression de N donnée au paragraphe 2

$$N = \varphi(p+1) - \sum_i \varphi(p - a_i) + \sum_{i,j}^{+} \varphi(p - a_i - a_j - 1) - \sum_i^{+} \varphi(p + a_i - a_1 - a_2 - a_3 - 2).$$

On peut d'ailleurs toujours conduire le calcul de manière que le dernier terme disparaisse.

Au cours de ce calcul, on est amené à observer que la surface se décompose lorsqu'une somme telle que $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ surpasse $2p$. Supposons par exemple que cette somme soit égale à $2p + h$. On peut énoncer le résultat suivant : toute surface algébrique d'ordre p possédant trois points multiples non en ligne droite dont la somme des ordres surpasse $2p$ est décomposable et contient le plan des trois points multiples. Si cette somme surpasse $2p$ de h unités, la surface contient h fois le plan des trois points.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement à symétrie de rotation d'un fluide compressible.* Note de M. **Maurice Roy**.

I. On considère l'écoulement absolu et permanent d'un fluide compressible, autour d'un axe de symétrie de rotation et entre deux flasques de révolution autour de cet axe. Supposant l'écartement de ces flasques lentement variable avec la distance à l'axe r, l'écoulement est pseudo-plan.

Ce problème s'applique à certaines parties, diffuseur notamment, des turbomachines.

Le fluide est assimilé à un gaz parfait, en transformation polytropique pour plus de généralité ($p/\rho^k = \text{const.}$, k devenant égal à γ pour l'isentropique).

II. L'écoulement ainsi défini, uniquement fonction de r, est forcément irrotationnel.

Les formules ci-après permettent de l'étudier de façon très simple et de mettre en évidence certains résultats nouveaux.

III. Prenons pour directions orientées le rayon r dirigé vers l'extérieur, la tangente au parallèle (de rayon r) dirigée dans le sens de la composante correspondante c de la vitesse absolue v. Disons que la trajectoire est *concave*, si son *centre de courbure est du même côté de sa tangente que l'axe de rotation* (convexe, au cas contraire).

Soient b, c les composantes radiale et tangentielle de v, $a=\sqrt{(\gamma-1)\mathrm{CT}}$ la vitesse du son, e l'épaisseur axiale du courant (de/dr est supposé petit).

Soient enfin α l'angle de v avec la direction tangentielle (α *positif* pour l'écoulement *centrifuge*) et $\mathcal{R}$ le rayon de courbure de la trajectoire ($\mathcal{R}$ *positif* pour une trajectoire *concave*).

Les équations de l'écoulement sont

$$(1)\qquad cr=\text{const.};\qquad \rho ebr=\text{const.};\qquad \frac{2k}{\gamma(k-1)}a^2+b^2+c^2=\text{const.};$$

[avec $a^2=(\gamma-1)\mathrm{CT}=\gamma(p/\rho)$ et $p/\rho^k=\text{const.}$].

Caractérisant le *sens* de la transformation (compression ou détente) du fluide par le rapport

$$(2)\qquad \mathfrak{T}=\frac{r}{p}\frac{dp}{dr}=\frac{k}{k-1}\frac{r}{\mathrm{T}}\frac{d\mathrm{T}}{dr}$$

($\mathfrak{T}$ *positif* pour une *compression centrifuge* ou une *détente centripète*), on déduit aisément des équations précédentes :

a. la relation entre la courbure $1/\mathcal{R}$ de la trajectoire et $\mathfrak{T}$

$$(3)\qquad \frac{1}{\mathcal{R}}=\frac{\cos\alpha}{r}\frac{a^2}{\gamma(b^2+c^2)}\mathfrak{T},$$

d'où : *sur une trajectoire concave (ou convexe), la pression va toujours en augmentant (ou diminuant) lorsque r croît;*

b. la relation suivante entre la pente du profil méridien (de/dr) de l'écoulement et $\mathfrak{T}$

$$(4)\qquad \sin^2\alpha\,\frac{r}{e}\frac{de}{dr}=\frac{ka^2-\gamma b^2}{k\gamma(b^2+c^2)}\mathfrak{T}-1;$$

c. enfin

$$(5)\qquad \frac{r}{a}\frac{da}{dr}=\frac{k-1}{2k}\mathfrak{T};\qquad b\frac{db}{dr}=\frac{c^2}{r}-\frac{2k}{\gamma(k-1)}a\frac{da}{dr};\qquad \frac{1}{c}\frac{dc}{dr}=-\frac{1}{r}.$$

IV. Pour obtenir une distribution uniforme à l'entrée comme à la sortie d'un diffuseur à aubages pour compresseur centrifuge, les relations (3) et (4) déterminent les courbures à donner à l'entrée et à la sortie des aubages. En particulier, si le diffuseur est à flasques parallèles ($de/dr = 0$), on doit avoir

$$\frac{1}{\mathcal{R}} = \frac{\cos\alpha}{r}\,\frac{ka^2}{ka^2 - \gamma b^2}. \tag{6}$$

A la sortie, α est ordinairement petit et b l'est *a fortiori*. La courbure de l'aubage de sortie est approximativement celle du parallèle local et à peu près indépendante de k, c'est-à-dire des échanges calorifiques locaux.

V. Entre flasques parallèles et en écoulement adiabatique ($k = \gamma$), $\mathcal{R}$ devient nul et $\mathcal{C}$ infini pour $b = a$. Les trajectoires se réfléchissent (solution physiquement inacceptable) sur le parallèle correspondant, qui constitue, non une onde de choc, mais une onde sonore cylindrique et stationnaire. Cet écoulement, qui doit être nourri par des « sources » ou absorbé par des « puits » disposés sur l'axe de rotation, ne saurait donc s'étendre jusqu'à un parallèle pour lequel b serait égal à a (en écoulement purement radial, $b = v$ ne peut être égal à a qu'au minimum de section droite ou « col », donc sur le parallèle $r = 0$).

En d'autres termes, dans un tel écoulement et sur un parallèle de référence r_0, *on ne peut choisir arbitrairement à la fois* a_0, b_0 et c_0.

Cette remarque rend explicables les anomalies relevées par W. Tollmien [1] dans l'étude du potentiel de vitesses correspondant.

VI. On peut rattacher le problème précédent à celui de l'écoulement permanent et absolu à une dimension (écoulement par tranches dans une tuyère droite).

L'écoulement adiabatique ($k = \gamma$) peut, en particulier et assez curieusement, s'étudier par le diagramme que nous avons présenté ailleurs pour l'étude du courant relatif dans une tuyère tournante [2].

Ce diagramme est rigoureusement applicable en faisant correspondre à la vitesse relative w le moment de vitesse radiale br, à la vitesse du son a son moment ar, enfin à la section Ω d'une tranche la fonction $e/r^{2/\gamma-1}$ de l'écart entre flasques et de la distance à l'axe. En outre, la droite

---

(1) *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, **17**, 1937, p. 117, Berlin.

(2) *Comptes rendus de l'Association Technique Maritime et Aéronautique*, **43**, 1939, p. 151, Paris.

auxiliaire Δ de ce diagramme, de coordonnées

$$X=\psi^2;\qquad Y=\frac{2}{\gamma-1}+\varphi_0^2-\psi_0^2+\psi^2,$$

doit être remplacée par la droite Θ, de coordonnées

$$X=\xi^2;\qquad Y=\left(\frac{2}{\gamma-1}+\varphi_0^2+\chi_0^2\right)\xi^2-\chi_0^2;\qquad \text{avec}\quad \varphi_0=\frac{b_0}{a_0}\quad \text{et}\quad \chi_0=\frac{c_0}{a_0}.$$

Cette droite recoupe d'ailleurs la précédente pour $X=1$.

La détermination de l'onde de choc n'est pas modifiée, car elle n'intéresse, sur un cylindre de rayon r fixé, que la vitesse radiale.

Le diagramme en question détermine br, d'où l'on déduit b, et l'on superpose à cet écoulement radial l'écoulement de rotation $c=c_0/\xi$.

Il permet de déterminer immédiatement le parallèle, de rayon r_l, qui limite intérieurement l'écoulement possible (par intersection des droites Θ et Λ_∞), savoir

$$r_l=r_0c_0\sqrt{\frac{\gamma-1}{(3-\gamma)a_0^2+(\gamma-1)(b_0^2+c_0^2)}}.$$

Sur ce parallèle, le fluide est à pression nulle et à vitesse limite, l'écart entre flasques étant infini (l'assimilation à un courant pseudo-plan cesse évidemment d'être valable sur un parallèle de rayon supérieur à r_l).

CORRESPONDANCE.

TOPOLOGIE. — *Espaces fibrés de structures comparararables* (1).
Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Étant données sur un espace topologique E deux structures d'espaces fibrés de symboles E(B, F, G, H) et E(B, F, G′, H′), correspondant au même système de fibres, nous dirons que E(B, F, G′, H′) définit une structure *plus précise* que E(B, F, G, H) lorsque $H'\subset H$. S'il en est ainsi, le groupe structural G′ est un sous-groupe de G. Soit G_1 un groupe d'automorphismes de F contenant G comme sous-groupe. Il existe une

(1) Cette Note emploie les définitions et notations de deux Notes antérieures (*Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 945-948; 213, 1941, pp. 762-764).

structure d'espace fibré bien déterminée $E(B, F, G_1, H_1)$ *moins* précise que la structure donnée $E(B, F, G, H)$: l'ensemble H_1 d'homéomorphismes des fibres F_x, où $x \in B$, sur F est défini par $H_1 = G_1 H$. Le problème étudié dans cette Note s'énonce de la façon suivante : *Étant donné un sous-groupe* G' *de* G, *trouver les espaces fibrés* $E(B, F, G', H')$ *de structure plus précise que* $E(B, F, G, H)$.

Soit $H(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^*)$ l'espace fibré principal associé à $E(B, F, G, H)$ et considérons dans H la relation d'équivalence $[G']$ telle que la classe d'équivalence de $h \in H$ soit $G'h$. L'espace quotient $H/[G']$ est muni d'une structure d'espace fibré de symbole $H/[G'](B, K, G_k, H_k)$. La fibre K_x est l'espace quotient de la fibre H_x de $H(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^*)$ par la relation d'équivalence induite par $[G']$ sur H_x ; l'espace K est l'espace des classes $\widetilde{G}'s$ où $s \in \widetilde{G}$ et où $\widetilde{G}'$ est le sous-groupe de $\widetilde{G}$ correspondant à G' ; l'ensemble H_k est l'ensemble des homéomorphismes h_x^k de K_x sur K qui appliquent $G'h'_x \in K_x$, où $h'_x \in H_x$, sur la classe $\widetilde{G}'s' \in K$, où $s' \in \widetilde{G}$ correspond à $\overset{-1}{h'_x} h_x \in G$, $h_x \in H_x$; le groupe structural G_k est la réalisation holomorphe de $\widetilde{G}$ comme groupe d'automorphismes de K telle que la transformation de G_k qui correspond à $\sigma \in \widetilde{G}$ applique $\widetilde{G}'s \in K$ sur $\widetilde{G}'s\sigma \in K$. Pour que les classes $\widetilde{G}'s$ définissent dans $\widetilde{G}$ une structure d'espace fibré $\widetilde{G}(K, \widetilde{G}', \widetilde{G}'_t, .)$, il faut et il suffit que $\widetilde{G}'$ vérifie la condition suivante : (α) Il existe dans K un voisinage V de $\widetilde{G}' \in K$ qui admet un système continu de représentants dans $\widetilde{G}$ relativement à la projection canonique de $\widetilde{G}$ sur K. Lorsque la condition (α) est vérifiée, les classes $G'h$, où $h \in H$, définissent dans H une structure d'espace fibré $H(H/[G'], \widetilde{G}', \widetilde{G}'_t, .)$. En particulier, il en est ainsi lorsque $\widetilde{G}$ est un groupe de Lie à r dimensions et $\widetilde{G}'$ un sous-groupe fermé de $\widetilde{G}$; l'espace K muni du groupe G_k est alors un espace homogène de Lie.

Pour qu'une partie H' de H définisse un espace fibré $E(B, F, G', H')$ de structure plus précise que $E(B, F, G, H)$, il faut et il suffit que : (1) H' soit réunion de classes d'équivalences suivant $[G']$; (2) la projection canonique de H' dans $H/[G']$ soit un système continu de représentants de B dans l'espace fibré $H/[G'](B, K, G_k, H_k)$; (3) tout point de B admet un voisinage W tel qu'il existe dans H' un système continu de représentants de W relativement à la projection canonique de H sur B. Lorsque la condition (α) est vérifiée, la condition (3) est conséquence des deux

premières. Donc *lorsque* (α) *est vérifié, les structures* E(B, F, G′, H′) *plus précises que* E(B, F, G, H) *correspondent d'une façon biunivoque aux systèmes continus de représentants de* B *dans* H/[G′](B, K, G_k, H_k).

Considérons le produit topologique $B \times F$ comme un espace fibré dont les fibres sont les sous-espaces $\{x\} \times F$, où $x \in B$, et dont le groupe structural est réduit à la transformation identique de F. Pour qu'un espace fibré E(B, F, G′, H′) soit isomorphe au produit topologique $B \times F$, il faut et il suffit que G′ soit réduit à la transformation identique. Les structures E(B, F, G′, H′), plus précises que E(B, F, G, H) et isomorphes à $B \times F$, correspondent donc d'une façon biunivoque aux systèmes continus de représentants de B dans H(B, $\widetilde{G}$, $\widetilde{G}_k$, H^*).

En supposant vérifiée la condition (α), les structures E(B, F, G′, H′), plus précises que E(B, F, G, H) et à groupe structural donné G′, se répartissent en classes correspondant aux classes des systèmes continus de représentants de B dans H/[G′](B, K, G_k, H_k), deux tels systèmes étant dits de même classe lorsqu'il existe une isotopie de l'un en l'autre telle que sa projection canonique sur B soit l'isotopie qui laisse fixes tous les points de B. Lorsque B est un complexe fini, deux structures E(B, F, G′, H′) et E(B, F, G′, H″) de même classe sont telles qu'il existe une famille continue de structures E(B, F, G′, H'_t) plus précises que E(B, F, G, H) et une isotopie $H'_t = \varphi_t(H')$, compatible avec la relation d'équivalence [G′] et déformant H′ en H″. Ceci résulte du lemme suivant :

Lemme d'isotopie. — *Soient* E (B, F, G, H) *un espace fibré*, A *un complexe fini*, $\varphi_t(A)$ *un homéomorphisme de* A *dans* B *définissant une isotopie lorsque t varie de* 0 *à* 1, A'_t *la réunion des fibres correspondant aux points de* $\varphi_t(A)$. *Il existe une isotopie définie dans* E *par* $A'_t = \Phi_t(A'_0)$ *telle que la restriction de* Φ_t *à la fibre* $F_x \subset A'_0$ *soit un homéomorphisme de* F_x *sur une fibre* $F_{x'} \subset A'_t$, *cet homéomorphisme étant de la forme* $\overset{-1}{h_{x'}} h_x$, *où* $h_x \in H_x$, $h_{x'} \in H_{x'}$, *le point* $x' \in B$ *se déduisant de* $x \in B$ *par l'homéomorphisme* $\varphi_t \overset{-1}{\varphi_0}$.

En particulier, si B est un complexe fini, toute famille d'automorphismes de B qui définit une isotopie dans B se déduit par projection sur B d'une famille d'automorphismes de E(B, F, G, H) définissant une isotopie dans E.

Le problème de l'existence de systèmes continus de représentants de B dans H/[G′](B, K, G_k, H_k) peut être abordé par une méthode dont le principe est dû à E. Stiefel ([2]). En particulier, *si* B *est un complexe de dimension n et si les groupes d'homotopie de* K *sont nuls pour les dimensions* $\leqq n-1$, *il existe des systèmes continus de représentants de* B *dans* H/[G′](B, K, G_k, H_k] *et par suite des structures plus précises que* E(B, F, G, H) *à groupe structural* G′. *Si les groupes d'homotopie sont nuls pour les dimensions* $\leqq n$, *toutes ces structures plus précises sont de même classe.*

([2]) *Comment. Math. Helvet.*, 8, 1935, pp. 305-353.

Par exemple, soit G un groupe de Lie semi-simple non compact. La théorie des espaces riemanniens symétriques de M. E. Cartan ([3]) montre qu'il existe alors un sous-groupe compact G' tel que K soit l'espace numérique R^k à k dimensions et tel que G'_k, isomorphe au groupe adjoint de G, laisse invariante une métrique riemannienne symétrique. Donc il existe des structures plus précises que E(B, F, G, H) à groupe structural G'; elles sont toutes de même classe. De plus, chaque fibre K_x étant munie d'une métrique riemannienne symétrique invariante par le groupe d'automorphismes de K_x, l'espace $H/[G'](B, K, G_k, H_k)$ est contractile en un système continu de représentants de B, chaque point de K_x décrivant pendant la déformation la géodésique unique qui le joint au point de rencontre de K_x avec un système continu de représentants donné.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le* gitter fuchsien.
Note de M. **Jean Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Soit S une surface à courbure constante négative égale à $-1/a^2$; soit $\mathcal{G}$ un groupe discontinu de déplacements de la surface S sur elle-même, entièrement défini par la connaissance d'un polygone fondamental $\mathfrak{P}$ limité par un nombre pair d'arcs de géodésiques deux à deux congrus. Soit A un point quelconque de $\mathfrak{P}$ (situé à l'intérieur ou sur la frontière); considérons les homologues de A par les diverses transformations de $\mathcal{G}$; l'ensemble ainsi obtenu sera le *gitter fuchsien* d'origine A. Il y a un point de ce gitter dans chaque polygone du pavage de S déduit de $\mathfrak{P}$ par les transformations de $\mathcal{G}$; si A est pris en un sommet du pavage, les points du gitter seront regardés comme multiples. Considérons maintenant une circonférence géodésique de centre A et dont l'aire sera désignée par πx; désignons par $A(x)$ le nombre de points du gitter fuchsien qui se trouvent à l'intérieur ou sur le périmètre de cette circonférence, les points situés sur la circonférence comptant chacun pour $1/2$; nous nous sommes proposé de donner, comme dans le cas bien connu du gitter euclidien, une expression rigoureuse de $A(x)$ propre à l'étude asymptotique de cette fonction.

Introduisons le laplacien ΔF d'une fonction F définie et deux fois dérivable sur la surface S. Considérons les solutions régulières de

([3]) Voir par exemple *L'Enseignement Mathématique*, 35, 1936, pp. 188 et 189.

l'équation

$$\Delta F = \lambda F$$

définies dans le polygone fondamental avec identification des côtés congrus; ces solutions ont donc les mêmes valeurs en des points congrus du périmètre du polygone $\mathfrak{T}$, les dérivées normales ayant en ces mêmes points des valeurs opposées. Ces solutions forment un ensemble dénombrable de fonctions du point courant M de $\mathfrak{T}$,

$$\varphi_0(M), \quad \varphi_1(M), \quad \ldots, \quad \varphi_n(M), \quad \ldots,$$

à chacune desquelles correspond une valeur déterminée de λ,

$$\lambda_0, \quad \lambda_1, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots.$$

Des répétitions peuvent se produire dans cette suite. Les fonctions du système φ_n sont deux à deux orthogonales sur $\mathfrak{T}$; nous les supposerons orthonormales. Ceci étant, la fonction $A(x)$ admet le développement

$$A(x) = \pi x \sum_{n=0}^{\infty} F\left[\alpha_n;\, \beta_n;\, 2;\, \frac{-x}{4a^2}\right] \varphi_n^2(A),$$

où l'on a employé les notations que voici : α_n et β_n sont les deux racines de l'équation

$$X^2 - X - \lambda_n a^2 = 0,$$

et $F(\alpha;\beta;\gamma;z)$ désigne la fonction hypergéométrique classique. La sommation est étendue aux valeurs *distinctes* de la suite λ_n, rangées par ordre croissant, et à chacune de ces valeurs correspond un terme de la série égal au produit de $F[\alpha_n;\beta_n;2;-(x/4a^2)]$ par la somme des carrés des fonctions fondamentales en nombre fini correspondant à la valeur propre λ_n. Sous ces conditions la série précédente est convergente et a pour somme $A(x)$.

On notera que le premier terme de cette série, qui est aussi le terme principal de $A(x)$ pour x grand, se réduit à

$$\pi x \varphi_0^2(A) = \frac{\pi x}{\sigma}$$

$[\lambda_0 = 0;\ \varphi_0(M) = 1/\sqrt{\sigma}]$, en désignant par σ l'aire du polygone fondamental.

Lorsque la courbure de S tend vers zéro, les fonctions hypergéométriques deviennent des fonctions de Bessel, et la série précédente se

réduit à

$$A(x) = \frac{\pi x}{\sigma} + 2\pi\sqrt{x}\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{-\lambda_n}} J_1(\sqrt{-\lambda_n x})\,\varphi_n^2(A);$$

les fonctions fondamentales φ_n deviennent des fonctions trigonométriques, et l'on retrouve en particulier la formule bien connue de Hardy-Landau relative au *Gitterpunkt* classique.

En ce qui concerne le comportement de $A(x)$ pour les grandes valeurs de la variable, il y a lieu de remarquer que α_n et β_n sont imaginaires conjugués dès que λ_n, réel et négatif, est en valeur absolue supérieur à $1/4a^2$; par suite, chacun des termes de la série $A(x)$, sauf peut-être un nombre fini d'entre eux placés au début du développement, sont de l'ordre de $\sqrt{x}$. Le premier terme de la série est de l'ordre de x, et s'il existe des valeurs propres λ_n en valeur absolue inférieure à $1/4a^2$, il lui succède dans le développement un certain nombre de termes dont l'ordre d'infinitude est compris entre 1 et 1/2. La question de savoir s'il existe des groupes fuchsiens $\mathcal{G}$ pour lesquels cette circonstance se présente reste d'ailleurs ouverte.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Théorie des sillages. Problème indéterminé de Levi-Civita et de M. Villat* (¹). Note de M. **Adalbert Oudart**, présentée par M. Henri Villat.

I. *Largeur du canal.* — Soient un schéma de Helmholtz-Kirchhoff construit à partir de $\Phi(s)$ fonction d'obstacle et $\Psi(s)$ fonction de canal (²) par les formules de M. H. Villat (³).

a. Pour assurer au canal une même direction (Ox) aux infinis amont et aval, il faut que

$$\Psi(s_1+0) = \Psi(s_1-0) = \Psi(0) = \Psi(\pi) = 0.$$

Cela ne suffit pas à assurer des asymptotes.

b. Une condition suffisante pour que le canal soit à tangente continue et admette des asymptotes parallèles à Ox en amont et aval est que $\Psi(s)$

(¹) J. Kravtchenko, *Thèse* (*Journal de Mathématiques*, 9e série, 20, 1941, § 2, p. 36).

(²) Pour les notations, voir *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 721.

(³) H. Villat, *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides* (*Scientia*, 38, p. 72).

vérifie en outre une condition $\mathcal{L}_n(s)[n > 1]$ partout, même pour $s = s_1$, o et π. *Le canal conserve alors une largeur bornée.*

Rappelons que la condition $\mathcal{L}_n(s)$ invoquée ([4]) s'écrit

$$|\Psi(s) - \Psi(s')| < \frac{\text{Constante}}{\left|\operatorname{Log} \frac{1}{|s - s'|}\right|^n}.$$

II. *Contact aux asymptotes en aval* ([5]). — Soit un canal admettant Ox pour direction asymptotique en aval $[\Psi(0) = \Psi(\pi) = 0]$.

a. Pour que le contact du canal et de ses asymptotes soit d'ordre fini en aval, il suffit que $d\Psi/ds$ soit infini pour $s = 0$ (et $s = \pi$) et de la forme $B/s|\log s|^{\alpha+1}$ ($\alpha > 0$) par exemple. La partie principale de $\Psi[s(l)]$ est alors $B/\alpha K_0^\alpha l^\alpha$ ([5]).

b. Si $d\Psi/ds$ est de la forme Bs^γ ($\gamma > -1$), le contact est d'ordre infini et la partie principale de $\Psi[s(l)]$ est alors $-B/(1 + \gamma)\, e^{[(1+\gamma)/K_0]l}$. *En particulier* une bonne fonction $\Psi(s)$ ayant une dérivée finie ou nulle pour $s = 0$ ($s = \pi$) donne cependant un contact d'ordre infini des parois et de leurs asymptotes aval.

III. *Points de détachement* (condition locale de validité). — Soit $\Phi(s)$, telle que $\Phi(0) \leqq \Phi(s) \leqq \Phi(\pi)$ et $\Phi(0) < 0 < \Phi(\pi)$, la fonction d'obstacle ([6]).

Si $\eta_1 = \zeta(\omega_1)$ est > 0 [en particulier, si $q \leqq q' \leqq 1/3\sqrt{3}$ ([7])], on peut affirmer que le détachement des lignes de jet n'est pas en proue et est convexe vers l'amont dans les deux cas suivants :

a. Canal monotone convergent avec la restriction

$$\int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon = \int_0^\pi \Psi(\varepsilon)\, d\varepsilon = 0;$$

en particulier cas symétrique.

b. Canal quelconque satisfaisant à $|\Psi(s)| < (\eta_1'/e_1'\omega_1')|\Phi(s)|_{\text{Max}}$. Le tableau ci-dessous donne des valeurs approchées par défaut de $\eta_1'/e_1'\omega_1'$ en fonction de q'.

q'	0	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3\sqrt{3}}$
$\frac{\eta_1'}{e_1\omega_1}$	0,5	0,48	0,28	0,070	18.10^{-4}

([4]) J. Kravtchenko, *Thèse*, § 11, p. 65.
([5]) K_0 dépend seulement des paramètres ω_1', ω_3, s_1, s_0 ou a, b, Ψ_1, Ψ_2.
([6]) Cas particulier, obstacle concave.
([7]) J. Kravtchenko, *Thèse*, § 13, p. 89, notule ([13]).

IV. *Condition* $V \leqq 1$. — *a*. On a la proposition générale suivante :

Soit une fonction $\Phi(t_1)[-1 \leqq t_1 \leqq 1]$ dans le plan de la variable t ([8]), telle que l'obstacle et le canal à parois rectilignes construits en fluide limité à partir des paramètres $a_2 b_2$ satisfassent à la condition $V \leqq 1$; il en sera de même pour l'obstacle et le canal à parois rectilignes, construits avec la même fonction $\Phi(t_1)$ et les paramètres $a_1 b_1$ tels que

$$a_2 < a_1 < -1 < 1 < b_1 < b_2.$$

Pour $a_2 = b_2 = \infty$, on est en fluide illimité et l'on obtient dans le demi-plan $\mathcal{C}$ une proposition qui correspond au théorème III, page 119, et son corollaire, page 122, de la *Thèse* de M. J. Kravtchenko, mais qui en diffère notablement : les deux méthodes conduisent à deux domaines différents de résultats, avec naturellement des résultats communs (théorème de Boggio généralisé aux parois planes par exemple).

b. Par ailleurs, on a le théorème suivant : si

$$\frac{\Phi(t_1)}{\sqrt{1-t_1^2}}[-1 \leqq t_1 \leqq 1] \quad \text{ou} \quad \frac{\Phi(\varepsilon)}{\sin\varepsilon}[0 \leqq \varepsilon \leqq \pi]$$

sont fonctions croissantes de leur argument, la condition $V \leqq 1$ est satisfaite en fluide illimité et partant en fluide limité par des parois planes, avec la restriction (éventuelle) $q < 0,517$ pour les seuls schémas construits à partir de la demi-couronne classique.

c. Compte tenu d'un récent Mémoire ([9]), la condition $q < 0,517$ peut être supprimée dans certains cas tributaires du paragraphe III, 3°, de ma précédente Note ([10]).

d. Si $\Phi(t_1)$ correspond à un obstacle tranchant satisfaisant à $V \leqq 1$ en fluide illimité, il en sera de même le long de l'obstacle construit à partir de la même fonction $\Phi(t_1)$ et pour un canal monotone convergent.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la mesure du glissement de roulement.* Note de M. **R. Swyngedauw.**

Considérons un cylindre métallique de diamètre D sur lequel roule un essieu à deux roues formé par deux disques de diamètre D′ fixés sur le même axe et en contact avec le cylindre sur une même génératrice de celui-ci.

([8]) *Loc. cit.*, ([1]), p. 103.

([9]) J. Kravtchenko, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 63, 1936-1939, pp. 1-10.

([10]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 679.

Lorsque le cylindre tourne à la vitesse angulaire $2\pi N$, l'essieu tourne à la vitesse $2\pi N'$. S'il n'y a pas de glissement, $N' = N'_0$ tel que

(1) $$N'_0 D' = ND;$$

s'il y a glissement

(2) $$N'D' = N(D - \Delta),$$

Δ étant positif.

Le glissement

(3) $$\frac{N'_0 - N'}{N'_0} = \frac{\Delta}{D}$$

peut se mesurer avec précision par le procédé suivant lorsque D/D' diffère suffisamment peu d'une fraction m/m', à termes entiers assez petits tels que 1/2, 2/3, 3/5, ...

Adoptons en effet : 1° à l'axe du cylindre un pignon P formé de $2m$ secteurs égaux dont m métalliques séparés entre eux par m isolants, et 2° sur l'axe de l'essieu un pignon P′ formé de $2m'$ secteurs égaux dont m' métalliques séparés entre eux par m' isolants. Faisons en outre frotter légèrement sur P et P′ deux balais métalliques B et B′ reliés entre eux par une pile et un voltmètre ou un galvanomètre. Il est aisé de voir que le courant ne passe que si B et B′ touchent chacun en même temps un secteur métallique de P ou de P′.

Si, au même instant, B et B′ passent d'un secteur isolant sur un secteur métallique, la durée des contacts métalliques simultanés est maximum ; le courant moyen indiqué par le voltmètre est maximum pendant le premier $m^{\text{ième}}$ de tour qui suit l'instant t. Au bout de cette durée, le balai B′ du pignon P′ ne passera pas en général d'un secteur isolant sur un secteur métallique comme le balai B, mais un peu plus tôt ou un peu plus tard que lui, la durée des contacts métalliques simultanés pendant le deuxième $m^{\text{ième}}$ de tour du cylindre sera plus courte et le courant indiqué plus faible ; au troisième $m^{\text{ième}}$ de tour, il sera plus petit encore, et il sera pratiquement nul quand B′ passe d'un secteur métallique sur un isolant au même instant que B passe d'un isolant sur un métallique. Le courant augmente ensuite progressivement pour redevenir maximum à l'instant où de nouveau les deux balais B et B′ passent simultanément d'un secteur isolant sur un secteur métallique, de sorte qu'une oscillation complète du voltmètre dure le temps θ nécessaire pour que le balai B touche un secteur métallique de plus ou de moins que le balai B′, c'est-à-dire en exprimant θ en secondes et

N en tours par minute.

$$(4)\qquad \frac{\theta(\mathrm{N}m - \mathrm{N}'m')}{60} = \pm 1.$$

Le nombre p d'oscillations complètes du voltmètre par minute est, en tenant compte de (2),

$$(5)\qquad p = \frac{60}{\theta} = \mathrm{N}\left[m - m'\frac{(\mathrm{D} - \Delta)}{\mathrm{D}'}\right].$$

S'il n'y avait pas de glissement, il serait

$$(6)\qquad p_0 = \mathrm{N}\left[m - m'\frac{\mathrm{D}'}{\mathrm{D}}\right],$$

d'où

$$(7)\qquad p - p_0 = \frac{m'\mathrm{N}\Delta}{\mathrm{D}'},$$

et le glissement (3) s'écrit

$$(8)\qquad g = \frac{\Delta}{\mathrm{D}} = \frac{(p - p_0)\mathrm{D}'}{m'\mathrm{ND}},$$

et comme m/m' est sensiblement égal à D/D',

$$(9)\qquad \frac{m\mathrm{D}'}{m'\mathrm{D}} = 1 + \varepsilon,$$

ε étant une fraction très petite positive ou négative suivant que D'/D est supérieur ou inférieur à m'/m.

Si ε est négligeable devant l'unité, le glissement est donné pratiquement par la formule

$$(10)\qquad g = \frac{60}{m\mathrm{N}\theta} - \varepsilon.$$

La précision de la mesure dépend de celle avec laquelle on peut évaluer le rapport D'/D et maintenir constante la vitesse N.

Elle a été appliquée d'abord à Lille au glissement des courroies sur poulies inégales, et ensuite au glissement de roulement à l'Institut Polytechnique de l'Ouest à Nantes.

ASTRONOMIE. — *Résultats d'une recherche d'étoiles doubles nouvelles.* Note de M. **Robert Jonckheere**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons commencé en 1906 une recherche d'étoiles doubles nouvelles qui, depuis 36 ans, a été poursuivie dans cinq observatoires. Déjà en 1911,

puis en 1913, nous avons communiqué à l'Académie les premiers résultats obtenus, et spécialement la classe d'étoiles doubles trouvées ([1]). Aujourd'hui que cette recherche nous a fait découvrir plus de 2000 couples, nous croyons intéressant de résumer, très brièvement, le travail accompli.

Six instruments très différents ont été utilisés dans des climats très variés. Voici le nombre d'étoiles doubles recueillies à l'aide de chacun d'eux :

Réfracteur de	16cm	de l'Observatoire de Strasbourg.......	40	couples
»	22	d'un Observatoire privé. Roubaix.....	70	»
»	26	de l'Observatoire de Marseille........	495	»
»	35	» Lille.............	996	»
»	71	» Greenwich.......	252	»
»	80	» Marseille........	187	»

Sur ces couples, plus d'un millier ont les composantes séparées de moins de 3″. Au-dessous de 5″, leur nombre est comparable à celui de ces couples dans l'ensemble des catalogues de Struve et de Burnham réunis.

Nos recherches n'ont pas été faites en pointant successivement les étoiles d'une carte ou d'un catalogue, mais en observant par zones limitées. C'est ainsi qu'au cours de ces travaux, nous pûmes encore découvrir de nouvelles nébuleuses planétaires intéressantes, à noyaux doubles, qui firent l'objet de belles études à l'Observatoire Lick ([2]).

Les 1319 premiers couples trouvés sont réunis dans notre catalogue général, déjà vieux d'un quart de siècle ([3]). Beaucoup ont été remesurés en Amérique, principalement par Burnham, Doolittle, Fox, Olivier, Van Biesbroeck et Barton. En France, Giacobini, à l'Observatoire de Paris, en observa plusieurs centaines malgré la difficulté que présentent souvent ces étoiles dans les instruments de puissance moyenne ([4]). Une grande partie fut remesurée par nous-même à Greenwich, à Lille, puis à l'Observatoire de Marseille où nous avons pu, grâce aux moyens mis à notre disposition par M. le directeur Jean Bosler, faire de nombreuses observations et étendre nos recherches dans une importante zone australe ([5]).

([1]) *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 575; **156**, 1913, p. 937.
([2]) *Publications of the Lick Observatory*, **13**, 1918, plates 9-11.
([3]) *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, **61**, 1917, p. 1.
([4]) *Mesures d'étoiles doubles faites à l'Observatoire de Paris*, Orléans, 1934.
([5]) *Journal des Observateurs*, **24**, nos III-IV et suivants, 1941.

Aujourd'hui que tant d'années se sont écoulées depuis les premières mesures, la coordination de toutes les observations de ces étoiles doubles, faites en Europe et en Amérique, est devenue un devoir que nous nous efforçons de remplir. Nous poursuivons cet ouvrage de fin de carrière dans des conditions matérielles pénibles; le manuscrit de 1800 pages est cependant à moitié réalisé. Il nécessite de nouvelles mesures, et souvent de minutieuses vérifications dans le ciel. Ce travail décèle déjà un grand nombre d'étoiles naines, bien plus rapprochées de nous que ne semblait l'indiquer leurs magnitudes. Les couples optiques sont rares; un seul à ce jour, J 923, est nettement caractérisé; il indique, au reste, un important mouvement propre non encore catalogué.

PHYSIQUE. — *Variantes dans l'emploi d'une fraction rationnelle pour formuler au mieux une loi expérimentale.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Nous avons indiqué [2] qu'on pouvait non seulement calculer une valeur corrigée d'une ordonnée dont on possédait quelques voisines, mais aussi former l'expression représentant au mieux une loi expérimentale, en posant cette seule condition *que l'imprécision des données expérimentales se fît sentir le moins possible.* Ce résultat permet de compléter la méthode, plus générale mais fondée sur une hypothèse, que nous avions imaginée pour formuler au mieux une loi, méthode qui consistait essentiellement à identifier la *valeur moyenne* (au sens précis des analystes) de la *fonction expérimentale*, notion précise que nous avons introduite [3], et de la fonction théorique représentative, le long d'intervalles partiels successifs partageant l'intervalle expérimental; ce qui laissait subsister deux *indéterminées :* le mode de partage [4] de l'intervalle total, et le choix de la formule permettant le calcul empirique de la valeur moyenne expérimentale. En appliquant ledit résultat, on trouve que, pour *quarrer empiriquement au mieux une courbe expérimentale*, il faut grouper les ordonnées supposées équidistantes par groupes de quatre, et appliquer à chaque trapèze curvi-

---

(1) Séance du 12 janvier 1942.
(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 827.
(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 433.
(4) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 565.

ligne à trois bandes ainsi formé la formule antérieurement indiquée ([5]) : huit fois l'ordonnée moyenne vaut la somme $(y_1+3y_2+3y_3+y_4)$; on trouve aussi que, pour obtenir *le meilleur polynome du 2e degré* représentant une loi expérimentale, il faut, si l'on dispose d'ordonnées nombreuses, que l'intervalle partiel médian soit les deux tiers de chacun des intervalles extrêmes.

II. Dans les méthodes de détermination de la meilleure formulation reposant sur des identifications de valeurs *moyennes*, c'est *aux extrémités* de l'intervalle expérimental que les *écarts* avec les données sont d'ordinaire le plus grand; et l'on en comprend bien la raison : c'est qu'en n'imposant de conditions qu'à la fonction primitive de l'expression représentative, on n'obtient cette dernière que par une *dérivation* (et pour que l'approximation soit, malgré cela, très bonne, il faut que la méthode soit en elle-même excellente), et les brins extrêmes sont nécessairement plus flottants. Si, outre la valeur moyenne entre o et x_1 ([6]), on imposait aussi $f(o)$, les deux courbes, expérimentale et représentative, se suivraient de très près, et $f(x_1)$ serait à peu près correcte, et ainsi de suite de proche en proche. Mieux, on imposera, *aux extrémités* de l'intervalle expérimental (o, x_5), $f(o)$ et $f(x_5)$, dont on calculera au préalable des valeurs *régularisées* comme il a été dit ([2]); et l'on partagera (o, x_5) en *trois* intervalles partiels seulement : pour les courbes présentant maximum, inflexion et asymptote horizontale, on limitera le premier à l'abscisse du maximum, et l'on réalisera les deux autres en partageant en deux parties égales l'intervalle restant.

Les formules ([6]) donnant les coefficients de la fraction rationnelle se simplifient beaucoup. Les abscisses o, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 deviennent o, o, x_1, x_2, x_3, x_3. Les valeurs moyennes $\overline{y_1}$ et $\overline{y_5}$ se réduisent respectivement à y_1 et y_3; $\overline{y_2}$, $\overline{y_3}$, $\overline{y_4}$ deviennent $\overline{y_1}$, $\overline{y_2}$, $\overline{y_3}$. Les algorithmes p, δ, σ se calculent à la manière habituelle (on leur conserve leurs indices).

Quoique, comme on l'a dit ([2]), les ordonnées y_0 et y_3, extrémités de l'intervalle total, soient, relativement, beaucoup *moins bien corrigées* que ne l'auraient été les ordonnées intermédiaires y_1 et y_2, on trouve qu'il est pourtant *plus* avantageux de se fixer les ordonnées extrêmes.

III. Appliquée au dépouillement de l'expérience de convection déjà citée ([7]), la fraction rationnelle ainsi traitée a donné sensiblement la même

---

([5]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 475.
([6]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 433.
([7]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 777.

approximation (écarts de l'ordre des incertitudes de la mesure) que les développements tirés de la série de Fourier, avec toutefois une évaluation plus exacte de la *position du maximum*.

IV. Nous rappelons que cette fraction rationnelle à cinq paramètres n'a aucune signification *profonde*. Ses propriétés sont très remarquables, puisque, comme on vient de le voir, avec *cinq* paramètres seulement on obtient plutôt mieux qu'avec les *huit* des expressions que nous avons prises ([7]) comme *normes* de la meilleure formulation.

Elles tiennent, d'une part, à *sa nature propre* qui lui confère des particularités géométriques relativement nombreuses, et au fait qu'un *carré* figure en dénominateur : le signe du numérateur s'étant toujours trouvé rester le même dans tout l'intervalle, la fraction garde un signe constant, et comme sa valeur moyenne est imposée, elle reste finie, donc le dénominateur ne s'annule pas, et la fraction garde une allure normale et par suite son caractère spontanément très *tendu*; ce qui n'arrivait pas toujours en l'absence de ce carré.

D'autre part, la détermination par identification de valeurs *moyennes*, qui se trouve être l'essentiel dans les meilleures méthodes de formulation, est appliquée d'une façon plus *méthodique*. En effet le calcul des coefficients d'un développement de Fourier ne conduit qu'à des *sortes* de moyennes, portant sur des intervalles partiels *non d'un seul tenant*, et d'étendues *imposées*. Tandis que la fraction rationnelle, pour comporter *moins* de paramètres (il y a là une notion importante), n'en est pas moins déterminée avec une *plus* grande liberté, puisqu'on peut s'appuyer sur une décomposition en intervalles partiels bien *délimités*, et d'étendues *adaptées* aux caractères de la courbe. C'est, de plus, en observant les *sinuosités* apparentes de la courbe expérimentale, que l'on verra jusqu'où pousser la division en intervalles partiels, et, par suite, *combien* de paramètres introduire; en même temps que l'influence évidente, sur la valeur moyenne dans un intervalle partiel, d'une sinuosité que l'on fait passer plus ou moins complètement, *d'un* intervalle *à l'*intervalle partiel contigu, précise l'incertitude qui ne peut pas ne pas exister dans la loi représentative, et permet d'apporter d'éventuelles retouches à la délimitation des intervalles.

Au demeurant, il n'est pas toujours facile de reconnaître qu'une représentation est *meilleure* qu'une autre, puisqu'elles *n'*ont *pas les mêmes* défauts; et peut-être faut-il considérer que les avantages de l'approximation donnée par la fraction rationnelle sont plus apparents que réels; mais alors, à tout le moins, pour une approximation comparable elle a cette supériorité de conduire à des calculs beaucoup moins laborieux.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Sur la décharge des pointes positives.* Note (¹) de Mme **Sophie Yadoff** et M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Camille Gutton.

Les phénomènes que l'on désigne sous le nom de *pouvoir des pointes* sont connus depuis très longtemps, mais ce n'est qu'avec le développement des installations électriques à haute tension qu'ils ont acquis un intérêt spécial. On sait que la vitesse du vent électrique engendré par la décharge des pointes dépend de la tension électrostatique du conducteur et aussi de sa température; elle dépend également de l'état physique de l'air, ou de la nature du gaz environnant (²).

En dehors de quelques données, très restreintes du reste, nos connaissances ne sont pas suffisantes pour permettre de concevoir le mécanisme de la formation du vent électrique produit par la décharge des pointes. Dans le dessein d'élucider cette question, nous avons effectué une série d'expériences au cours desquelles nous avons observé un *phénomène d'hystérésis du vent électrique* lorsque la pointe est chargée positivement. Le vent électrique étudié fut obtenu à la pression atmosphérique au moyen d'une pointe de tungstène à extrémité hémisphérique de $0^{mm},5$ de diamètre. Une plaque circulaire d'acier, placée à une distance comprise entre 5 et 10^{cm}, jouait le rôle d'un écran négatif. La décharge était obtenue en utilisant une machine de Wimshurst à dix disques dont le débit pouvait atteindre 250-200 μA, sous une centaine de kilovolts. La vitesse du vent électrique fut déterminée par la mesure à l'électromètre de l'intensité du courant de décharge (mesure de la chute de tension dans une résistance non inductive placée en série avec la pointe). En augmentant progressivement la pression électrostatique à partir de zéro, ou, ce qui revient au même, la tension appliquée aux bornes du dispositif, on s'aperçoit que, pour une certaine valeur de cette pression, le vent s'établit brusquement et augmente de vitesse, en même temps que l'intensité du courant, d'abord suivant une ligne droite, puis suivant une courbe à pente croissante jusqu'à une pression électrostatique critique pour laquelle apparaît entre la pointe et l'écran négatif une décharge par étincelle.

(¹) Séance du 5 janvier 1942.

(²) Mme S. Yadoff, *Revue générale de l'Électricité*, 46, vi, 1939, p. 179.

Par réduction de la pression électrostatique, le vent cesse brusquement pour une valeur de pression inférieure à celle qui détermine sa production lorsqu'on part du zéro. La différence entre les deux points d'établissement du vent et de suppression est assez faible, mais bien décelable; elle montre, par conséquent, l'existence dans les décharges des pointes positives d'un phénomène d'hystérésis.

Par exemple, pour une distance, entre la pointe et la plaque, de 5^{cm}, le vent s'amorce pour la pression électrostatique qui correspond à 5,46 kV avec un courant de décharge égal à $4{,}10.10^{-7}$ A lorsqu'on augmente progressivement la tension à partir de zéro. Par réduction de la tension appliquée, la décharge ainsi que le vent électrique ne cessent qu'à une valeur nettement inférieure, lorsque $U = 5{,}44$ kV et $I = 4{,}07.10^{-7}$ A. Pour les distances entre la pointe et l'écran plus grandes, ces retards sont encore plus appréciables.

On ne décèle pas de tels retards lorsque la pointe est chargée négativement et l'écran positivement.

Une substance radioactive disposée au voisinage ne modifie pas les vitesses du vent pour les pressions électrostatiques supérieures à la pression électrostatique d'amorçage, mais a pour effet de faire disparaître le phénomène d'hystérésis; dans ce cas les points d'établissement et de suppression du vent se confondent.

Aux pressions électrostratiques inférieures à celle-ci, il se forme des vents intermittents, dont la fréquence dépend de l'importance de la source radioactive et de la valeur de la pression électrostatique.

Nous reviendrons, dans une publication spéciale, sur les explications théoriques de ce phénomène d'hystérésis.

OPTIQUE. — *Sur la dispersion des constantes de Kerr et de Cotton-Mouton.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré [1] que, pour un grand nombre de substances, la constante de Kerr ou de Cotton-Mouton peut être mise sous la forme simple

$$B = b.\frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2}, \tag{1}$$

---

[1] *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 780.

où λ est la longueur d'onde et b et λ_0 des constantes. Pour le chlorobenzène par exemple, une telle formule permet de représenter la dispersion de l'effet Kerr de $1^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$.

Je voudrais montrer ici comment la théorie classique de la diffusion de la lumière permet de préciser la signification de la constante b.

1. *Cas des gaz.* — Pour les gaz homopolaires, on montre que la constante de Kerr est de la forme

$$B_1 = \frac{\pi N}{15\lambda k T}\Sigma(A_0 - B_0)(A - B),$$

où A, B, C sont les réfractivités principales et A_0, B_0, C_0 leurs valeurs limites (²). *Si l'on admet l'hypothèse de Gans* :

$$\frac{A_0}{A} = \frac{B_0}{B} = \frac{C_0}{C} = a,$$

on trouve, en désignant par α l'anisotropie moléculaire et par ε la constante diélectrique,

$$B_1 = \frac{3\alpha^2(n^2-1)(\varepsilon-1)}{40\pi N k T \lambda}.$$

On voit que cette relation est précisément de la forme (1) en posant

$$\boxed{b_1 = \frac{3}{40\pi}\cdot\frac{(\varepsilon-1)^2}{N k T}\alpha^2.}$$

Pour les gaz hétéropolaires, le terme de biréfringence, provenant du moment permanent m, s'écrit

$$B_2 = \frac{\pi N}{15\lambda k^2 T^2}\Sigma(A - B)(m_1^2 - m_2^2),$$

et, dans l'hypothèse où la molécule possède un *axe* optique incliné de l'angle θ sur m,

$$B_2 = \pm\frac{\alpha(n^2-1)m^2(3\cos^2\theta - 1)}{20 k^2 T^2 \lambda}.$$

C'est encore une relation de la forme (1), si l'on pose

$$\boxed{b_2 = \pm\frac{(3\cos^2\theta - 1)(\varepsilon_0 - 1)}{20 k^2 T^2} m^2 \alpha.}$$

(²) Voir, par exemple, J. CABANNES, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1929, p. 48.

Dans le cas général où B est de la forme $B_1 + B_2$, il faudra prendre

(2) $$b = b_1 + b_2.$$

Appliquons par exemple les considérations précédentes aux mesures de Gilford G. Quarles ([3]) sur le gaz carbonique. Il est facile, d'après ses données, d'établir que la constante de Kerr, à 17°,5 et sous la pression atmosphérique, peut s'écrire sous la forme

$$B = 1,445.10^{-15} \times \frac{\lambda}{\lambda^2 - 0,5.10^{-10}} \text{ C.G.S.},$$

valable de 7500 Å à 4000 Å, avec une erreur moyenne de 1 %.

Ici $b = b_1$. En adoptant $(\varepsilon - 1).10^4 = 9$, $k = 1,375.10^{-16}$, $d_0 = 1,529$ et $\mathcal{N} = 6,02.10^{23}$, on trouve pour valeur du *facteur de dépolarisation* donné par $\alpha^2 = 5\delta/(6 - 7\delta)$

$$\delta = 0,082.$$

Or la valeur expérimentale la plus récente [J. Cabannes et A. Rousset ([4])] est $\delta = 0,078$. L'accord est donc tout à fait satisfaisant

2. *Cas des liquides.* — Ce cas est plus complexe, car il faut faire intervenir cette fois ([5]) la polarisation par le champ directeur et par l'onde lumineuse et remplacer a par $(\varepsilon - 1)(n^2 + 2)/(\varepsilon + 2)(n^2 - 1)$ [au lieu de $(\varepsilon - 1)/(n^2 - 1)$]. Enfin il est difficile d'expliciter complètement les calculs, les propriétés moléculaires s'effaçant devant les propriétés *effectives*.

Cependant, si l'on fait les substitutions dans le même esprit que plus haut, on voit que c'est maintenant la quantité $9nB/(n^2 + 2)^2$ qui intervient. On trouve par exemple pour les molécules homopolaires

(3) $$b = \frac{(n^2 + 2)^2}{9n} b_1.$$

Ma formule correspond donc maintenant à une *approximation* qui consiste à négliger la dispersion du facteur $(n^2 + 2)^2/9n$. C'est une approximation analogue à celle qui se fait couramment pour le pouvoir rotatoire, quand on néglige ([6]) la variation du facteur $(n^2 + 2)/3$ vis-à-vis

---

([3]) *Physical Review*, 46, 1934, p. 692.

([4]) J. CABANNES et A. ROUSSET, *Journal de Physique*, 1, 1940, p. 188.

([5]) J. CABANNES, *loc. cit.*, p. 246.

([6]) E. U. CONDON, *Reviews of Modern Physics*, 9, 1937, p. 439.

de celle des termes de Drude en $1/(\lambda^2 - \lambda_0^2)$, dans les calculs de coefficients rotationnels par exemple. Ceci revient à admettre que la variation *relative* du facteur $(n^2+2)^2/9n$ est négligeable devant celle de B. Or, pour le chlorobenzène par exemple, le facteur $(n^2+2)^2/9n$ varie de 1,34 à 1,46 dans l'intervalle 12000 Å — 3000 Å, alors que, dans le même intervalle, B passe de 0,4 B_0 à 2,3 B_0. L'approximation est donc légitime, surtout au degré de précision des mesures sur B.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur l'inertie de l'effet Stark et la possibilité de champs électriques interatomiques très intenses : application à l'origine des raies coronales.* Note de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. Charles Fabry.

I. La théorie prévoit une inertie dans l'effet Stark : l'atome émetteur n'obéit pas exactement à des variations trop rapides du champ électrique quand une variation considérable de l'intensité du champ se produit en un temps comparable à la période de la perturbation séculaire provoquée par le champ. On peut calculer cette période pour les atomes hydrogénoïdes. Quant aux observations, elles paraissent indiquer une inertie supérieure aux prévisions, qui, par exemple, ne permettent pas d'expliquer la persistance de certaines composantes intenses de la raie Hγ lors de la sortie des rayons canaux de l'hydrogène hors d'une région à champ intense (1).

II. J'ai proposé (2) d'expliquer l'origine des principales raies brillantes de la couronne solaire par l'action d'un champ électrique de 10^7 volts/cm environ sur le spectre de l'orthohélium. Je vais, en tenant compte de l'inertie de l'effet Stark, donner une interprétation simple de ce champ et montrer, de manière générale, la possibilité de champs électriques interatomiques très intenses.

Soit, en un point O, un atome immobile au milieu d'un flux de très nombreux corpuscules électrisés portant tous la même charge et dont je suppose les trajectoires toutes parallèles entre elles. Soit n le nombre de corpuscules qui traversent, pendant la période d'inertie de l'effet Stark pour l'atome considéré, l'unité de surface décrite autour de O normalement à leurs trajectoires. La probabilité pour que dans ce plan aucun corpuscule ne vienne plus près de O que la distance x est $\exp(-x^2/x_0^2)$,

(1) R. von Traubenberg et R. Gebauer, *Zeits. f. Physik*, **44**, 1927, p. 752.
(2) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 770.

en posant $\pi n x_0^2 = 1$. Donc la probabilité pour que le corpuscule qui se rapproche le plus de O passe entre les distances x et $x + dx$ est

$$2 \frac{x}{x_0^2} \exp\left(-\frac{x^2}{x_0^2}\right) dx.$$

Le champ électrique maximum produit en O par le passage du paquet de corpuscules considérés dépend essentiellement du corpuscule qui s'est le plus rapproché, et pour évaluer ce champ il faut calculer la valeur moyenne de $1/x^2$ pour ce corpuscule, c'est-à-dire l'intégrale

$$\frac{2}{x_0^2} \int_0^1 \frac{1}{x} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{x_0^2}\right) dx,$$

qui est infinie. En réalité, puisqu'en O se trouve un atome, dont le volume n'est pas nul, on aura un champ de valeur très grande, mais finie. Ainsi, à cause de l'inertie de l'effet Stark, le champ interatomique dépend du mouvement des corpuscules électrisés et peut, dans certains cas, devenir très grand.

Si je reviens maintenant à l'hypothèse proposée pour l'origine des raies coronales, pour que le champ agissant sur les atomes d'hélium ait une valeur moyenne bien déterminée, il faut admettre que ces atomes se comportent, vis-à-vis des électrons ou des ions en mouvement, comme des sphères élastiques, dont on peut calculer le rayon x_1 : pour un champ électrique de 10^7 volts/cm et des particules de charge $e = 4{,}7 \cdot 10^{-10}$ u.e.s., on trouve $x_1 = 1{,}2 \cdot 10^{-7}$ cm, valeur supérieure à celle mesurée au laboratoire pour la section efficace de choc élastique; mais cela n'est pas suprenant, puisqu'il s'agit ici d'atomes excités. La conception à laquelle on aboutit est inattendue : l'intensité du champ électrique effectif qui s'exerce sur un atome dépend de cet atome et du degré d'excitation de cet atome ([3]).

Finalement un mouvement d'expulsion radiale des électrons ou des ions coronaux, tel qu'il a été suggéré par plusieurs auteurs, suffit donc pour expliquer le champ électrique dont j'ai émis l'hypothèse. Quant à la largeur des raies coronales, elle est due aux fluctuations de ce champ.

([3]) L'incertitude des relations que j'ai proposées entre les raies coronales et les raies de l'hortohélium peut avoir une double cause, emploi de formules linéaires approchées et hypothèse d'une valeur unique pour le champ électrique agissant sur les divers niveaux d'excitation de l'hélium.

RAYONS X. — *Une nouvelle méthode d'examen des structures superficielles : radiographie et microradiographie par réflexion.* Note ([1]) de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai indiqué ([2]) le principe d'une méthode consistant à radiographier la surface d'un objet métallique en utilisant, non plus les rayons X incidents, mais les photoélectrons émis sous leur impact.

Deux cas sont à considérer suivant que l'on désire étudier une surface de grande étendue (plusieurs centimètres carrés) ou de faible étendue (quelques millimètres carrés).

Dans le premier cas, la première condition à réaliser est la planéité de l'objet; s'il s'agit d'une feuille métallique, le problème est résolu; s'il s'agit de la coupe d'une barre ou d'un matériau quelconque, celle-ci doit être dressée au tour ou à la lime, un polissage étant inutile. Le film *Lippmann* est énergiquement appliqué sur cette surface par un procédé qui peut être de fortune (couronne de plomb pressant le film par l'intermédiaire d'une feuille plane de bois, celluloïd ou aluminium).

La photographie 1, en vraie grandeur, est relative à une plaque d'aluminium dans laquelle ont été traçées des rainures de quelques dixièmes de millimètre de profondeur. Les parties claires correspondent aux creux, les photoélectrons étant en effet absorbés au cours de leur trajet dans l'air.

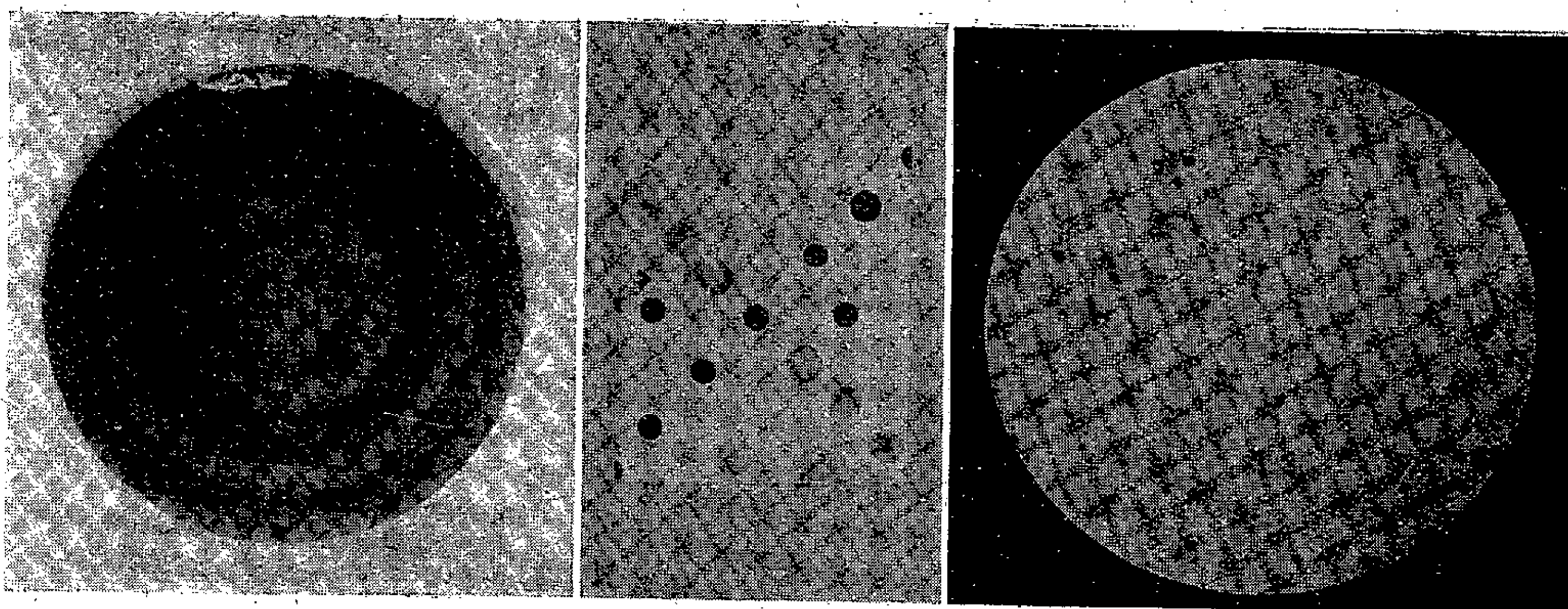
La photographie 2, en vraie grandeur, est relative à une plaque d'Al dans laquelle ont été sertis de petits disques de Pb, Fe et Cu. Sur le fond clair dû à Al (élément léger) apparaissent des cercles gris dus à Fe et à Cu, et des cercles très noirs dus à Pb. La densitométrie du cliché original accuse une différence très nette de noircissement entre Fe (n° atomique 26) et Cu (n° atomique 29), d'où une possibilité analytique que ne permet pas la microradiographie ordinaire, tout au moins sans l'emploi de rayons X purement monochromatiques.

Chaque point d'un tel film peut être agrandi plusieurs centaines de fois, donnant ainsi, à côté de la macroradiographie, *autant de microradiographies que l'on désire*. Ainsi, en une seule opération, il devient possible d'obtenir simultanément des renseignements sur la structure grossière ou la structure fine de l'échantillon.

([1]) Séance du 19 janvier 1942.

([2]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 833.

Dans le cas où l'on n'envisage que l'étude macrographique (ségrégations, hétérogénéités etc.), il n'est pas besoin d'utiliser un film spécial; j'ai pu montrer en effet que l'on obtenait d'excellents résultats en disposant simplement, au contact de la surface, un papier photographique peu sensible aux rayons X, tel que le *Velox* Kodak. Toutes les manipulations peuvent se faire alors en lumière simplement atténuée, et les temps de pose sont considérablement réduits (la photographie 2 a été obtenue de cette façon,



Photographie 1. Photographie 2. Photographie 3.

avec une pose de trois minutes pour 180 kV, 4 mA, distance foyer-échantillon 40^{cm}).

Dans le deuxième cas (surface de faible étendue), il est nécessaire d'utiliser le film Lippmann, puisque le cliché devra obligatoirement être agrandi. Ce cas est celui où l'on cherche à examiner les différentes régions d'un objet terminé et non entièrement plan. Le mode d'application du film contre la surface doit alors être déterminé suivant la forme de l'échantillon.

La photographie 3 est relative à une microradiographie par réflexion d'un alliage MgAl contenant des éléments lourds dont du Mn (grossissement 130). Les parties claires correspondent à l'alliage MgAl, les parties foncées aux éléments lourds enrobant les cristaux. Ce premier exemple, bien qu'encore imparfait, montre les possibilités de ce nouveau procédé dans l'étude des alliages.

En résumé, cette méthode utilisant l'effet photoélectrique des rayons X peut être considérée comme intermédiaire entre la macro- et microradiographie d'une part, la macro- et la micrographie d'autre part. Par son principe même, elle donne des renseignements sur l'état surperficiel, et

de ce fait elle peut trouver d'importantes applications dans des cas tels que la corrosion, le contrôle des effets thermiques, l'étude de pigments chargés etc. Elle présente en outre l'avantage de ne pas nécessiter en général la destruction ou l'altération de l'objet examiné.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Quelques expériences relatives aux gerbes aériennes du rayonnement cosmique.* Note (1) de MM. **Serge Gorodetzky**, **Paul Chanson** et **Henri Denamur**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Selon la théorie des cascades, un électron ou photon ayant depuis sa naissance traversé une épaisseur suffisante de matière (soit de l'air), est accompagné d'un cortège d'électrons et de photons; il fait partie d'une gerbe. Les gerbes de l'air ont d'abord été étudiées par Bothe et Schmeiser (2); ces auteurs observaient des coïncidences entre compteurs G.M. placés dans un plan horizontal et séparés de quelques décimètres. On doit surtout à Auger (3) et ses collaborateurs d'avoir montré la grande extension horizontale de ces gerbes (jusqu'à 300 mètres) et d'avoir établi en outre un certain nombre de données expérimentales importantes.

Les gerbes aériennes représentent un phénomène peu fréquent et par conséquent d'expérimentation assez laborieuse. Le nombre des gerbes augmente très rapidement lorsque l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer; on a intérêt en ce qui concerne la rapidité des mesures à opérer en altitude. La plus grande partie des expériences ci-après ont été réalisées à 2500^{m} au-dessus du niveau de la mer, au-dessus de Chamonix, non loin de la station terminale du Téléférique de l'Aiguille du Midi, au lieudit *les Glaciers*. Quelques expériences ont été faites à 1000^{m} d'altitude à l'Argentière-la-Bessée, près de Briançon. Les dispositifs suivants (4) (*fig.* 1, 2, 3, 4), ont d'abord été utilisés :

(1) Séance du 5 janvier 1942.

(2) *Physik. Z.*, 38, 1937, p. 964.

(3) Auger, Maze, Ehrenfest et Fréon, *J. de Ph.*, 10, 1939, p. 39; Auger, Ehrenfest Maze, Daudin, Robley et Fréon, *Rev. of Mod. Phys.*, 11, 1939, p. 288.

(4) Les appareils étaient placés sous une tente légère en toile. L'épaisseur de matière supplémentaire ainsi introduite est négligeable.

Dispositif 1. — 3 compteurs G. M. ([5]) en coïncidence parallèles, dans un plan horizontal, distance d entre 2 compteurs rapprochés $d = 0^{m}20$. Aux Glaciers on obtient avec ce dispositif : $N_1 = 2,17 \pm 0,12$ impulsions en 10 minutes.

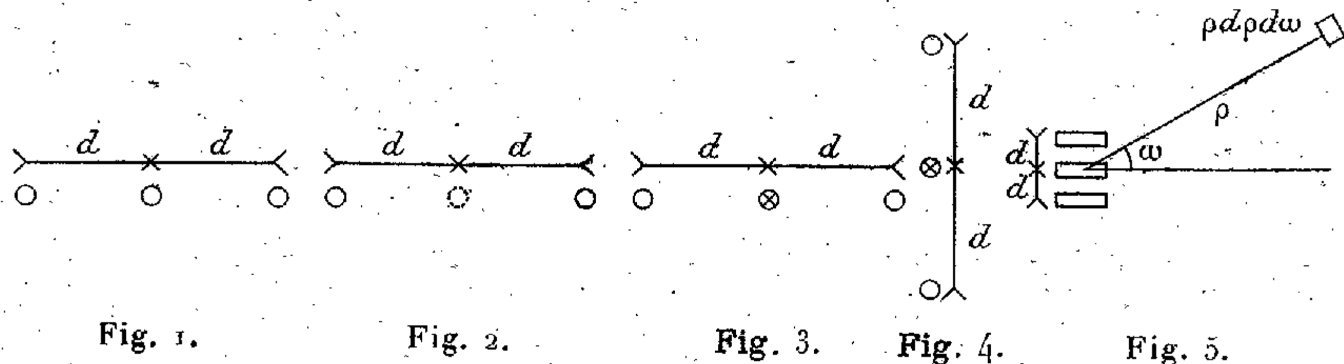


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Dispositif 2. — Comme pour 1, mais seuls les deux compteurs extrêmes sont branchés.

On trouve $N_2 = 3,6 \pm 0,5$ impulsions en 10 minutes.

Dispositif 3. — Dans ce dispositif le compteur du milieu est en anticoïncidence ([6]). Il y a impulsion si les deux compteurs extrêmes sont traversés, sans que le compteur du milieu le soit. On ne compte pas les rayons directs traversant les trois compteurs (ni les gerbes traversant les trois compteurs). On a ([6]) (coïncidences fortuites déduites) $N_3 = N_2 - N_1$, $N_3 = 1,4 \pm 0,6$ impulsion en 10 minutes.

Dispositif 4. — Le même que (*fig.* 3), mais vertical. L'intérêt de mettre le compteur du milieu en anticoïncidence dans la disposition verticale apparaît aussitôt; il permet de supprimer les rayons directs, les plus nombreux et de ne garder que des rayons de gerbes. On a $N_4 = 4,5 \pm 0,5$ impulsions en 10 minutes.

Alors que les directes + gerbes, mesurées en déconnectant le compteur du milieu, donnent $N'_4 = 72 \pm 4$ impulsions en 10 minutes, N_4 est nettement supérieur à N_3, ce qui est intéressant pour des mesures rapides de gerbes aériennes. Le fait que N_4 est plus grand que N_3 est dû à ce que les compteurs en coïncidence sont plus rapprochés angulairement ([7]) dans le dispositif 4 que dans 3. Un dispositif tel que 3, mais où $d = 6^{cm},8$, donne $n_3 = 3,1 \pm 0,4$ impulsions en 10 minutes.

De même un dispositif tel que 4 avec $d = 6^{cm},8$ donne $n_4 = 9,8 \pm 0,6$ impulsions en 10 minutes.

Si l'on veut interpréter les résultats obtenus, il faut se faire une image des gerbes aériennes. Une gerbe peut être caractérisée par la loi $\delta(\rho)$ de la densité δ des particules en fonction de la distance ρ à l'axe de la gerbe. On pourra, dans le cas le plus général, imaginer des gerbes plus ou moins étendues avec des lois $\delta(\rho)$ diverses. On sera conduit ainsi à des calculs

([5]) Les compteurs G. M. utilisés sont des compteurs Philips type Cosyns; longueur utile 34^{cm}, diamètre utile $3^{cm},2$, soit une surface utile de 109^{cm^2}.

([6]) S. Gorodetzky, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1987.

([7]) Le nombre des rayons de gerbes est une fonction rapidement décroissante de l'angle avec la verticale.

très compliqués. Pour montrer comment les calculs doivent être abordés, on va faire des hypothèses simplificatrices. On ne va considérer qu'un seul type de gerbes correspondant à une loi $\delta(\rho)$ déterminée. Soit n le nombre d'axes de gerbes par seconde et par centimètre carré. Soit Σ la surface utile d'un compteur. Le nombre d'impulsions dans trois compteurs en coïncidence (dispositif figure 1) est (*fig.* 5) :

$$(1)\qquad N_1 = n\int_0^{2\pi}\int_0^{\infty}\left[1 - e^{-\delta(\rho)\Sigma}\right]\left[1 - e^{-\delta(|\vec{\rho}+\vec{a}|)\Sigma}\right]\left[1 - e^{-\delta(|\vec{\rho}-\vec{a}|)\Sigma}\right]\rho\, d\rho\, d\omega.$$

De même (pour deux compteurs)

$$(2)\qquad N_2 = n\int_0^{2\pi}\int_0^{\infty}\left[1 - e^{-\delta(|\vec{\rho}+\vec{a}|)\Sigma}\right]\left[1 - e^{-\delta(|\vec{\rho}-\vec{a}|)\Sigma}\right]\rho\, d\rho\, d\omega,$$

et le nombre d'impulsions dans un seul compteur sera

$$(3)\qquad N = 2\pi n\int_0^{\infty}\left[1 - e^{-\delta(\rho)\Sigma}\right]\rho\, d\rho.$$

Les expressions de N_1 et N_2 donnent le nombre d'impulsions en fonction de la distance entre compteurs, les courbes de décohérence.

Si l'on considère des compteurs suffisamment rapprochés pour que δ soit sensiblement le même pour les différents compteurs, on a entre N, N_1, N_2 les relations suivantes : $N = K[1 - e^{-\delta\Sigma}]$, $N_2 = K[1 - e^{-\delta\Sigma}]^2$,

$$N_1 = K[1 - e^{-\delta\Sigma}]^3.$$

Pour le dispositif de la figure 3, on a $N_3 = K[1 - e^{-\delta\Sigma}]^2 e^{-\delta\Sigma}$.

K est une constante et δ une densité *moyenne* que l'on obtient expérimentalement et que les expressions des N, N_1, etc. devront donner.

On a $N_1/N_2 = 2,17/3,6 = 1 - e^{-\delta\Sigma} = 0,70$, d'où $\delta = 110$ par mètre carré. On obtient ainsi une densité *moyenne* de près de 100 par mètre carré.

On remarque que, d'après les relations précédentes, on doit obtenir le même résultat en faisant $(N_2/N) = 1 - e^{-\delta\Sigma}$.

N est le nombre d'impulsions dans un seul compteur *dues à des gerbes*. Ce que l'on mesure en fait est le nombre total d'impulsions dans un compteur : ce nombre est de l'ordre de 3500 en 10 minutes, les impulsions dues à la radioactivité ambiante ayant été déduites. On peut attribuer la moitié des impulsions à la composante dure (à l'altitude 2500^{m}). Il reste encore plus de 1700 électrons par 10 minutes. En divisant d'autre part $N_2 = 3,6$ par $(1 - e^{-\delta\Sigma}) = N_1/N_2 = 0,70$, on obtient $N = 5$ électrons de gerbes sur

1700 électrons attaquant un compteur. La majorité des électrons qui traverse un compteur ne fait pas partie de gerbes suffisamment étendues et denses (dans le cas présent de plus de 40^{cm} d'envergure). On a la représentation suivante de la composante molle.

Quelques rares électrons, électrons de gerbes étendues et fournies, proviennent d'électrons ou photons, très énergiques et produits très haut dans l'atmosphère, peut-être même primaires.

La grande majorité des électrons ne fait pas partie de gerbes denses et étendues. On peut les interpréter comme provenant de secondaires de la composante dure (désintégration etc.).

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Étude par effet Raman d'un complexe molybdomalique.* Note [1] de Mlle **Marie Théodoresco**, présentée par M. Aimé Cotton.

E. Darmois [2] a cherché *l'explication* des résultats obtenus autrefois (1887-1891) par Gernez touchant l'action que le molybdate neutre de sodium exerce sur l'acide malique. Le pouvoir rotatoire de ce dernier corps, une fois alcool et deux fois acide, est considérablement modifié. E. Darmois est arrivé à isoler et à faire cristalliser deux séries de complexes. Il sera question dans cette Note de l'une des séries. Pour la préparation, nous avons suivi la méthode indiquée par G. Enouf [3].

Spectre Raman de l'acide malique, $COOH-CHOH-CH^2-COOH$, que nous écrivons MH^2. — Le fond continu rend le repérage un peu imprécis. Comme on devait s'y attendre, le spectre Raman de l'acide malique rappelle celui de l'acide tartrique [4] qui possède une fonction alcool de plus. Conformément aux conclusions que tirent Manneback et ses collaborateurs de leur théorie, la présence du groupe CH^2 fait apparaître une bande relativement intense aux environs de 1400 cm^{-1}. La bande du groupe carboxyle, $C=O$, est nette malgré le fond continu et son maximum correspond à la fréquence 1720 cm^{-1} extrêmement voisine de la fréquence 1725 cm^{-1} observée avec l'acide tartrique. Voici des valeurs approchées des fré-

---

(1) Séance du 19 janvier 1942.

(2) *J. de Physique*, **4**, 1923, p. 49; **179**, 1924, p. 629; **182**, 1926, p. 455; *Bull. Soc. Chim.*, **39**, 1926, p. 621 et 723.

(3) *Diplôme d'études supérieures*, Faculté des Sciences de Paris, 1937.

(4) Mlle M. Théodoresco, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1676.

quences Raman de l'acide malique : 334, 400, 521, 611, 652, 684, 750, 836, 887?, 955, 1066, 1113, 1227?, 1283, 1335, 1355, 1403, 1416, 1621, 1679, 1720 cm^{-1} environ.

Spectre Raman du complexe dimolybdomalate d'ammonium, que nous écrivons $4MoO^3$, $2M.(NH^4)$, $5H^2O$. — Les solutions et les cristaux bleuissent rapidement sous l'effet des radiations, phénomène observé également avec l'acide molybdique soluble ([4]).

a. Solutions aqueuses. — 1° On y retrouve le spectre de l'acide molybdique soluble ou acide métamolybdique ([5]). *Le paquet caractéristique de raies y est au complet.* Nous dirons dès aujourd'hui qu'il n'en est pas de même pour les autres complexes molybdomaliques. Les fréquences qui forment ce paquet sont 943 cm^{-1} (symétrique, polarisée), 901, 853 cm^{-1}. Cette troisième fréquence est absente sur les spectres des autres complexes molybdomaliques ainsi que sur ceux des paramolybdates en solutions aqueuses ([6]). On retrouve aussi les deux basses fréquences caractéristiques également du groupe MoO^3 211 et 370 cm^{-1}, ainsi que les fréquences 293 et 431 cm^{-1} (bandes faibles).

2° Le spectre de l'acide malique se présente avec quelques modifications. Une des variations les plus frappantes est le changement de fréquence des oscillations du groupe carboxyle, C = O de l'acide. Quand on passe de l'acide au complexe, les intervalles de fréquences respectives 1621-1720 cm^{-1} environ pour l'acide et 1570-1670 cm^{-1} environ pour le complexe sont à peu près les mêmes. Il y aurait donc recul de la bande due aux oscillations CO à cause d'une modification de structure du groupe —COO—. Asymétrique dans l'acide, la structure de ce groupe deviendrait symétrique dans le complexe. Il nous semble qu'elle passe de la forme

—C(=O)(—) à la forme —C(⋯O)(⋯O) reliée au groupe $4MoO^3$.

Chaque O échangerait trois électrons de valence avec C (une valence et demie) et un électron de valence avec le groupement minéral $4MoO^3$ (une demi-valence). Le groupe —COO—, en chimie organique, a été l'objet d'une discussion entre I. Peychès ([7]), C. Sannié et V. Porenski ([8]).

Spectre Raman des cristaux. — A part le paquet caractéristique du

---

([5]) Mlle M. Théodoresco, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 531.
([6]) Mlle M. Théodoresco, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 753.
([7]) *Bull. Soc. Chem.*, 5e série, 2, 1935, pp. 2195-2209.
([8]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, pp. 212, 880.

groupe MoO^3, le reste du spectre ne peut être repéré. La raie symétrique, polarisée, 941 cm^{-1} semble accompagnée non pas d'une bande, mais de deux raies fines : 909 et 882 cm^{-1} environ. L'individu MoO^3 subirait donc quelques modifications lorsque le complexe passe de l'état cristallin à l'état de solutions aqueuses. Il y a encore la fréquence 853 cm^{-1} qui semble caractéristique du groupe tétra ou métamolybdique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'atropine et de l'hyosciamine à l'état de silicotungstates.* Note de M. **Lucien Vallery**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'étude de la précipitation, à l'état de silicotungstates, de l'atropine et de l'hyosciamine nous a fourni les résultats ci-après :

En nous astreignant à un mode opératoire rigoureux, tant au point de vue des lavages qu'au point de vue de la précipitation, nous avons établi que le poids y d'acide silicotungstique anhydre, obtenu après calcination, est lié au poids x d'alcaloïde mis en expérience (atropine ou hyosciamine) par la relation

$$y = \frac{2844}{289 \times 4}(x - s) - F_{s,\theta}(x),$$

dans laquelle 2844 est le poids moléculaire de l'acide silicotungstique anhydre, 289 celui de l'atropine, ainsi que de l'hyosciamine, s le poids d'alcaloïde non précipité par suite d'une part de la réversibilité de la réaction en cause, d'autre part de la solubilité des silicotungstates envisagés.

Quant au terme $F_{s,\theta}(x)$, il représente la correction nécessitée par deux autres erreurs systématiques, la première positive, due à une légère surchage du précipité par adsorption d'une faible quantité de l'acide silicotungstique en excès, la deuxième négative, provenant de la dissolution par la liqueur de lavage d'une fraction assez importante du précipité.

Ces deux grandeurs S et $F_{s,\theta}(x)$, si le mode opératoire S (précipitation et lavages) demeure constant, peuvent être considérées comme ne dépendant que de la quantité x d'alcaloïde mise en expérience et de la température finale θ de la liqueur mère, c'est-à-dire pratiquement de la température du laboratoire (la précipitation étant effectuée à l'ébullition).

De l'expression ci-dessus découlent les conclusions suivantes :

1° La formule des silicotungstates d'atropine et d'hyosciamine est identique à la formule générale des silicotungstates d'alcaloïdes établie par

M. Gabriel Bertrand, selon laquelle une molécule d'acide silicotungstique précipite quatre molécules d'alcaloïde monobasique.

2° La courbe représentative de y, de même que la valeur de s étant établies expérimentalement pour une température donnée θ, il est facile de construire, par différence, la courbe représentative du terme correctif $F_{s,\theta}(x)$.

Les poids d'alcaloïde étant portés en abscisses et les poids d'acide silicotungstique en ordonnées, la courbe y est constituée initialement par une partie curviligne à concavité tournée du côté de l'axe des ordonnées, prolongée par une partie rectiligne. Quant à la courbe $F_{s,\theta}(x)$, elle a sa concavité tournée du côté de l'axe des abscisses et possède naturellement une asymptote correspondant à la partie rectiligne de y. L'allure de cette courbe est tout à fait conforme à la signification donnée précédemment du terme correctif $F_{s,\theta}(x)$.

3° En incluant le premier terme soustractif $-2,46\,s$ dans le deuxième et ne considérant que la partie rectiligne de la fonction y, celle-ci est représentée par l'équation linéaire

$$y = 2,46\,x - K_{s,\theta}.$$

Telle est l'expression simplifiée qui doit permettre l'application, sans difficulté particulière, au dosage de l'atropine et de l'hyosciamine, de leur précipitation à l'état de silicotungstates, à la seule condition, qu'aux températures du laboratoire pratiquement les plus élevées, par conséquent les plus défavorables puisque la constante $K_{s,\theta}$ croît avec la température, la partie rectiligne de y corresponde, quant à son origine, à une valeur suffisamment faible de x.

C'est ce que l'expérience vérifie. En ayant le soin d'établir pour chaque détermination la valeur de la constante $K_{s,\theta}$ au moyen d'un essai témoin conduit parallèlement et effectué avec un poids connu d'alcaloïde ou de sel d'alcaloïde pur, cette méthode de dosage est susceptible, pour les quantités d'alcaloïde supérieure à 16-17^{mg} (correspondant aux températures ci-dessus indiquées), de donner une approximation de 1 à 3 %.

Pour les quantités inférieures on pourra, ou bien opérer par diaphanométrie au moyen d'une échelle de témoins judicieusement choisis, ou bien additionner la prise d'essai d'un poids connu d'alcaloïde pur de façon à pouvoir utiliser l'expression linéaire précédente.

Terminons en signalant que l'application du même mode opératoire au dosage de l'aconitine nous a permis d'établir l'expression suivante, où

les lettres ont la même signification que précédemment et où le nombre 645,4 représente le poids moléculaire de l'aconitine,

$$y = \frac{2844}{645,4 \times 4} x - K_{s,0},$$

la constante $K_{s,0}$ étant ici beaucoup plus faible, pour une même valeur θ de la température que dans le cas de l'atropine et de l'hyosciamine.

Cette relation implique que la formule générale des silicotungstates d'alcaloïdes s'applique encore au silicotungstate d'acotinine, contrairement à ce que pourrait faire supposer le coefficient de multiplication empirique figurant dans la Pharmacopée française.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation catalytique de composés benzéniques par les phtalocyanines.* Note de M. **Charles Paquot**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai déjà montré ([1]) que les phtalocyanines, et plus particulièrement la phtalocyanine de nickel, permettaient de catalyser l'oxydation par l'oxygène de carbures éthyléniques, et que l'attaque avait principalement lieu sur le carbone situé en α de la double liaison et du côté où celle-ci est disubstituée. La double liaison a pour effet d'activer ce carbone et de permettre son oxydation. Il est intéressant de voir si le noyau benzénique produit une activation analogue.

Les résultats sont les suivants, la technique employée étant identique à celle déjà décrite ([1]).

Oxydation de l'éthylbenzène $C^6H^5CH^2CH^3$. — Avec 0,75 % de phtalocyanine de Ni, l'éthylbenzène s'oxyde très nettement, et après 240 heures de chauffage à 125° on obtient :

Éthylbenzène non touché	70 %
Acétophénone $C^6H^5COCH^3$	18
Acide benzoïque $C^6H^5CO^2H$	2

soit, à partir du carbure effectivement disparu,

Acétophénone	60 %
Acide benzoïque	7

([1]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 171; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941, p. 695.

L'acétophénone a été caractérisée par son point d'ébullition et sa semi-carbazone, l'acide benzoïque par son point de fusion.

Il y a donc eu attaque du CH^2 situé en α du cycle benzénique avec formation de la fonction cétone. L'acide benzoïque formé provient d'une oxydation plus énergique avec raccourcissement de la chaîne latérale.

Si l'on essaye d'oxyder l'éthylbenzène à une température inférieure, les rendements sont beaucoup plus faibles. Ainsi pour une oxydation durant 300 heures à 100°, on n'obtient que 4 % d'acétophénone.

Oxydation du toluène $C^6H^5CH^3$. — Par suite de son point d'ébullition plus bas, je n'ai pu oxyder le toluène qu'à 100°, ce qui, comparé à l'exemple précédent, explique les faibles rendements obtenus.

Avec 0,5 % de phtalocyanine de Ni et pour une oxydation durant 240 heures à 100°, j'ai obtenu :

Toluène non attaqué	94 %
Aldéhyde benzoïque C^6H^5CHO	3
Acide benzoïque $C^6H^5CO^2H$	3

Le carbone voisin du noyau benzénique a donc été oxydé avec formation d'aldéhyde, et cet aldéhyde benzoïque a pu ensuite s'oxyder en acide, phénomène connu.

Oxydation du diphénylméthane $(C^6H^5)^2CH^2$. — Pour une oxydation à 100° avec 0,5 % de catalyseur, j'ai obtenu :

Diphénylméthane non attaqué	70 %
Benzophénone $(C^6H^5)^2CO$	22

soit, à partir du carbure effectivement entré en réaction,

Benzophénone	73 %

La présence du deuxième noyau benzénique a donc renforcé l'activation du CH^2 et a permis une oxydation très notable à la température de 100°, ce qui montre bien que le radical C^6H^5 active le C voisin pour ce qui est de son oxydation.

Oxydation de l'alcool benzylique $C^6H^5.CH^2OH$. — Une oxydation durant 130 heures à 110° a donné :

Alcool benzylique non attaqué	72 %
Aldéhyde benzoïque C^6H^5CHO	12
Acide benzoïque $C^6H^5CO^2H$	6

Ici encore le C voisin du cycle benzénique a été oxydé en donnant un

mélange d'aldéhyde et d'acide benzoïques. L'oxydation a donc porté sur la fonction alcool.

Oxydation de l'alcool phényléthylique $C^6H^5CH^2CH^2OH$. — Il était intéressant d'oxyder un tel corps afin de voir si l'oxydation porterait sur le CH^2 ou sur la fonction alcool. Pour une oxydation durant 200 heures à 120° avec 0,5 % de catalyseur, les résultats sont les suivants :

Alcool phényléthylique non touché	60 %
Benzoylcarbinol $C^6H^5COCH^2OH$	10
Aldéhyde benzoïque C^6H^5CHO	2
Acide benzoïque $C^6H^5CO^2H$	8

L'oxydation a donc porté sur le CH^2 situé en α du noyau pour donner une cétone, mais n'a pas porté sur la fonction alcool située en β; en outre, il y a eu dégradation de la molécule avec formation d'aldéhyde et d'acide benzoïques.

Conclusion. — Un noyau benzénique active le C situé en α de ce cycle et permet, dans les cas étudiés, le remplacement de 2H portés par ce C par un oxygène cétonique. Il peut y avoir en outre oxydation plus prononcée avec raccourcissement de la chaîne latérale pour donner l'aldéhyde puis l'acide benzoïques.

L'activation due au noyau benzénique est donc pour ces corps non éthyléniques analogue à celle produite par une double liaison.

Des expériences sont actuellement en cours afin d'étudier si une proportion plus forte de catalyseur permettra de réaliser de telles oxydations avec un rendement meilleur ou une vitesse de réaction plus grande, c'est-à-dire une durée d'oxydation plus faible.

GÉOLOGIE. — *Présence de* Nummulites irregularis *dans l'Éocène d'Égypte.* Note de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. Charles Jacob.

Parmi des matériaux ramenés d'Égypte, j'ai récemment trouvé quelques représentants de *Nummulites irregularis* (B) Deshayes. Cette espèce n'a été jusqu'à présent signalée qu'une seule fois dans le Nummulitique égyptien; encore n'en avions-nous reconnu, L. Doncieux et moi (¹), dans un bloc de calcaire provenant des environs du Gebel Doukhan, que la forme à grande

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1873.

loge initiale; aucun individu à microsphère de la même espèce n'y avait été identifié avec certitude en sa compagnie.

Une première série de Nummulites récoltées par Farag Eff. au Sinaï, à proximité de la frontière de Palestine et vers le Nord, près d'Aïn el Goderat, m'a fourni, avec *Nummulites atacicus* Leym., *Nummulites globulus* Leym., quelques *N. irregularis*, dont la taille est comprise entre 15 et 25^{mm}, ainsi que *N. subirregularis* De la Harpe.

Du Sinaï encore, et probablement de la région du Gebel Aheigba, proviennent plusieurs *N. irregularis*, dont le diamètre ne dépasse guère 20^{mm} pour une épaisseur de 3 à 4^{mm}.

Dans les couches terminales du Gebel Hammam Faraoun, situé au Sud-Ouest de la péninsule, au Nord d'Abou Zénima, j'ai rencontré cette même Nummulite avec une forme plus petite, voisine de *N. Heeri* De la Harpe, dans un calcaire contenant aussi des Operculines.

Enfin, d'une quatrième localité, malheureusement inconnue, proviennent des blocs d'un calcaire qui en est littéralement pétri. Ils forment d'anciennes dalles dans la cour du monastère copte d'Amba Chnouda, à l'Ouest de Sohag, où M. Barthelemy les a prélevées à mon intention. Le gisement de cette roche ne doit pas être très éloigné. Avec les nombreuses *N. irregularis*, le calcaire en question renferme quelques *N. subirregularis* et de rares *N. atacicus*.

L'examen attentif des échantillons de *N. irregularis*, ramassés près de Sohag et même au Sinaï, m'a conduit à les identifier avec les grandes Nummulites rapportées du Gebel Doukhan par G. Andrew, et que L. Doncieux et moi (¹) avions attribuées à *N. gizehensis* Forsk., avec la réserve de leur ressemblance, à bien des égards, avec d'authentiques *N. irregularis*. Nous avions même suggéré que l'on était peut-être en présence d'une véritable forme de passage de *N. irregularis* à *N. gizehensis*. Cette hypothèse me paraît confirmée par l'étude d'un plus grand nombre d'individus provenant, cette fois, de diverses localités; mais il me semble que les particularités de l'espèce *irregularis* prédominent encore sur les caractères de *N. gizehensis*. Dans presque tous les cas, ces Nummulites montrent des complications de leurs filets, partout méandriformes, passablement contournés et plus ou moins tourbillonnants, un bord souvent ondulé et plutôt anguleux; les sections équatoriales soulignent fréquemment l'épaisseur de la lame spirale, son irrégularité, une spire relativement lâche, des loges plus hautes que larges, séparées par des cloisons assez inclinées en arrière, mais, en général, sans étirement vers leur extrémité. Je retiens, d'autre part, pour significative, dans plusieurs des gisements à *N. irregularis*, la présence de sa compagne mégasphérique aux caractères bien définis, ainsi que l'absence générale de *N. curvispira* Sav. et Menegh, presque toujours associée à *N. gizehensis*.

L'association des Foraminifères dans la roche du Gebel Doukhan en situait le niveau à la base de l'Éocène moyen; tel doit être aussi l'âge des gisements à *N. irregularis* du Sinaï et du calcaire d'Amba Chnouda, dont il sera fort intéressant de retrouver l'origine. Mais il n'est plus question de séparer en Égypte deux horizons à *N. gizehensis*, selon l'hypothèse formulée dans la Note citée plus haut.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE. — *Sur l'origine des plissements.* Note de M. **Pierre Despújols**, présentée par M. Charles Jacob.

On peut expliquer très simplement la formation des chaînes de montagnes, en admettant que l'écorce terrestre se comporte comme un solide élastique reposant sur un substratum fluide, ou, s'il y a passage progressif d'un milieu à l'autre, que l'épaisseur de la zone intermédiaire est assez faible pour que l'allure générale des phénomènes ne soit pas troublée. Nous entendons ici par fluide un corps transmettant les pressions, au repos, suivant le principe de Pascal.

Nous verrons plus loin que, dans cette hypothèse, l'écorce, après une phase de plissement, doit entrer progressivement en tension. Si une fissure s'amorce alors en un point, elle s'étend dans les deux sens, traverse l'écorce et en permet la contraction.

Considérons, pour fixer les idées, un fuseau compris entre deux fissures méridiennes. Nous pourrions tout aussi bien considérer une fissure unique, comme la fente des paupières, ou une fissure fermée de forme quelconque.

Le fluide interne, qui envahit une fissure à la faveur de la contraction, exerce sur les parois une pression hydrostatique, dont la résultante, pour une épaisseur égale à l'épaisseur maximum des strates prises dans un même plissement, soit 15^{km}, et pour des densités de 2,7 (écorce) et 3 (fluide), est de 2730000 tonnes pour une tranche verticale de 1^{cm} de largeur. Cette résultante est appliquée au tiers de la hauteur immergée, c'est-à-dire 4500^m au-dessus de la face inférieure de la croûte.

Or tous les calculs que nous avons faits sur les réactions élastiques des terrains montrent que ces réactions tendent à s'uniformiser, de sorte que, sur la section déterminée dans le fuseau par le plan bissecteur, la pression, au lieu d'être répartie comme aux bords, est sensiblement constante et égale à

$$\frac{273.10^{10}}{15.10^{8}} = 1820\text{kg/cm}^2.$$

La pression doit être même plus élevée en surface qu'en profondeur, car, sous l'influence de la poussée du fluide le long des fissures, le fuseau se soulève légèrement, et, sous l'action du poids ainsi libéré, tend à se comprimer à l'extrados; il se peut toutefois qu'en raison de la position du point d'application de la poussée, l'extrados soit mis en tension près des bords.

Un élément de roche pris dans la masse de la croûte doit aisément supporter la pression calculée ci-dessus. Mais il en est autrement à la surface, où les conditions de résistance rappellent celles d'une éprouvette soumise à la compression; il y a donc déformation permanente ou rupture de la couche superficielle.

La déformation permanente ou la rupture diminue la résistance de cette couche et augmente d'autant l'effort demandé aux couches intactes. Le phénomène s'étend par conséquent de haut en bas, et la croûte élastique est atteinte dans toute son épaisseur; il s'étend en outre de part et d'autre du plan initial jusqu'à ce que la surépaisseur donne en tout point une résistance suffisante.

Les deux lèvres de l'une au moins des fissures s'écartent, laissant affleurer le magma et donnant au géologue l'impression de la dérive du fuseau. Puis le magma se contracte en se refroidissant, l'écorce se remet en tension et le cycle recommence.

Le plissement peut affecter soit la croûte scorifiée, soit le magma solidifié constituant le fond des mers. Enfin, comme l'écorce flotte sur le magma, le travail des forces de poussée est entièrement consacré à la déformation et à la rupture.

Ajoutons que, si, comme sur la Lune, la pesanteur n'était qu'une faible fraction de la pesanteur réelle, la pression serait réduite en proportion, et qu'il n'y aurait par suite ni rupture, ni plissement.

HYDROLOGIE. — *Exemples de sources artésiennes à la limite des terrains perméables et de leur couverture imperméable*. Note de M. **Albert Robaux**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai indiqué (¹) comment des sources pouvaient apparaître, lorsqu'une nappe aquifère, mise en pression dans une couche perméable, commence à s'engager sous un terrain imperméable.

(¹) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 444.

Plusieurs auteurs ont déjà signalé de telles sources, mais sans attacher d'importance, ni à la particularité de leur apparition, ni à la généralité du phénomène.

Je voudrais ici en indiquer de nouveaux exemples et en souligner les conséquences pratiques.

En France, ces sources abondent de la périphérie des grands bassins géologiques et en bordure des chaînes de montagnes. Outre les venues de ce type déjà citées dans la bordure Sud-Est du bassin de Paris et dans le bassin de l'Aquitaine, j'en ai vu de part et d'autre du seuil du Poitou, dans les vallées du Nord des Pyrénées, en Bourgogne et à la périphérie du Jura. Dans tous ces cas, les vallées sont conséquentes, c'est-à-dire descendent avec le pendage des couches.

Au Maroc, chaque chaîne de montagne d'allure anticlinale réalise la structure nécessaire. Sur la bordure Nord-Ouest du Moyen-Atlas, on peut citer les très abondantes sources du Saïs, au contact des calcaires jurassiques et des marno-calcaires miocènes. A l'Est, les sources de Taza apparaissent à la limite du Miocène et du Jurassique moyen calcaire. Ici encore, les vallées sont conséquentes.

Dans le flanc Nord du vaste anticlinal Haut-Atlasique, à Chichaoua, le contact Jurassique-Crétacé donne de grosses sources tièdes dont le débouché est favorisé par un réseau de fractures. Symétriquement, sur le flanc Sud de la chaîne, la source artésienne et tiède d'Ameskoud émerge, à la limite des calcaires du Jurassique recouverts par les dépôts imperméables de la plaine du Sous. Vers l'Est (région de Ksar es Souk), j'ai visité quelques sources semblables dans les vallées principales, mais les oueds étant très riches en alluvions, l'eau n'apparaît que rarement en surface : elle enrichit généralement les nappes alluviales.

L'Anti-Atlas et le Sagho, magnifiques anticlinaux, donnent également des sources artésiennes au Nord et au Sud de la chaîne, spécialement au moment où les deux séries calcaires du Géorgien disparaissent sous les schistes géorgiens ou acadiens, ou sous les revêtements récents. On peut, au Nord, citer les sources de Talaïnt et de Tiout; au Sud, celles d'Icho, Hamdour, Akka-Irène, Abeino. Parfois l'émergence se produit en aval du contact, au hasard d'une érosion (Bou-Izakarène, Tagant), ou se joint à l'underflow. C'est le cas des eaux qui passent dans les foums du Aani et qui proviennent en grande partie de l'alimentation des différentes « feijas » par les calcaires du Géorgien, avec abouchements directs, entre la nappe du Géorgien et la nappe des Feijas ([2]).

Les travaux ont déjà recherché avec succès ces différentes eaux et certaines palmeraies du Sud Marocain leur doivent leur prospérité.

Outre ces exemples marocains, et les cas similaires connus en Algérie, il en est d'intéressants en Tunisie. Avec MM. J. Flandrin et G. Choubert, j'ai eu l'occasion d'y retrouver le même type de sources dans les mêmes dispositifs géologiques avec, au surplus, cette particularité que les *vallées descendent en sens contraire du pendage*

([2]) Cf. G. Choubert, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1092.

des couches. Ce sont les sources de Ras el Aïn, de la vallée de Foum Tatahouine, de l'Aïn Dekouk etc. Il s'agit ici du contact des calcaires du Kimméridgien avec le Crétacé inférieur marno-calcaire ou le Quaternaire.

Ainsi l'apparition de telles sources est-elle un phénomène très général et fertile en applications pratiques. Tant dans les cas d'émergences visibles que dans ceux, où, cachées par les alluvions, elles enrichissent anormalement les débits d'underflow des vallées, *les sources de ce type sont l'indice de nappes plus profondes bien alimentées où l'on peut tenter des sondages, presque à coup sûr.*

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Couleur et brillance du ciel nocturne.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

Comme aboutissement d'une importante étude photoélectrique de la lumière du ciel nocturne, M. Raymond Grandmontagne a publié (1) des mesures de répartition de l'énergie dans le spectre de cette lumière. En représentant au mieux ses résultats par une courbe régulière, on obtient les valeurs suivantes, en unités arbitraires, pour l'énergie E rayonnée dans des intervalles égaux en longueurs d'onde :

λ.	E.	λ.	E.	λ.	E.	λ.	E.	λ.	E.
μ 0,4 à 0,5.	0,2	μ 0,55..	1,8	μ 0,60..	10,2	μ 0,65..	11,4	μ 0,70..	6,4
0,51.....	0,3	0,56..	2,4	0,61..	11,0	0,66..	10,6	0,71..	6,5
0,52.....	0,5	0,57..	3,3	0,62..	11,7	0,67..	9,6	0,72..	7,2
0,53.....	0,8	0,58..	6,0	0,63..	11,9	0,68..	8,2	0,73..	11
0,54.....	1,3	0,59..	8,8	0,64..	11,9	0,69..	6,8	0,74..	22

A partir de cette brillance spectrale énergétique, on peut calculer les coefficients trichromatiques qui définissent cette lumière du point de vue de la colorimétrie. On obtient

$$x = 0,598, \quad y = 0,383.$$

C'est une lumière de longueur d'onde dominante $597^{m\mu}$ et de pureté 0,95, soit un *orangé* très saturé. Si la notion de couleur subsistait aux faibles brillances, on verrait le ciel nocturne avec une teinte plutôt jaune que rouge, assez voisine de la lumière du sodium, et de température de couleur basse (environ 1400° absolus).

(1) *Cahiers de Physique*, 3, 1941, p. 39; *Annales de Physique*, 16, 1941, p. 253.

D'autre part M. Grandmontagne donne comme valeurs moyennes de la brillance du ciel nocturne $12,4.10^{-8}$ b/cm^2 en 1937 et $10,7.10^{-8}$ en 1938. Il s'agit là de brillances théoriques, calculées à partir d'étalons photométriques mesurés au laboratoire, à des niveaux élevés et dans un état d'adaptation diurne de l'œil. Or on sait que l'effet Purkinje déplace la courbe de visibilité de l'œil quand celui-ci s'adapte à de faibles lumières; dans ces conditions la notion de brillance visuelle perd toute signification à moins de la préciser par des conventions nettes.

Par exemple, si la source observée possède une brillance spectrale énergétique E, on pourra définir la brillance visuelle *diurne* par l'équation

$$B = K \int EV \, d\lambda,$$

V étant une fonction bien connue de la longueur d'onde λ (courbe de visibilité standard) et K un facteur dépendant des unités. De même on définira la brillance visuelle *nocturne* applicable aux faibles niveaux par l'équation identique

$$B' = K' \int EV' \, d\lambda,$$

V' étant la courbe de visibilité nocturne, déterminée en particulier par Weaver (²). Enfin la relation entre les facteurs K et K' sera fixée par une convention supplémentaire : pour un certain étalon de lumière blanche, c'est-à-dire pour une certaine fonction E, les deux brillances coïncideront numériquement, $B = B'$.

Nous avons calculé le rapport K'/K pour diverses lumières blanches étalons (³), en particulier pour le corps noir à des températures variables et pour les sources colorimétriques A, B et C. Supposons que l'on choisisse comme étalon la lumière C, facile à reproduire et voisine de la lumière du jour moyenne. Dans ce cas on trouve

$$\frac{K'}{K} = 1,10.$$

Si maintenant nous regardons une source autre que la source étalon, B et B' différeront numériquement, chacune de ces brillances n'ayant de

(²) *J. of Opt. Soc.*, 27, 1937, p. 36.
(³) Y. Le Grand et E. Geblewicz, *Année psychologique*, 38, 1937, p. 1.

sens physique que dans certains intervalles de niveaux et d'états d'adaptation.

La brillance calculée par M. Grandmontagne est la brillance diurne B, tandis que la brillance visuelle ayant un sens physique quand on regarde le ciel nocturne est la brillance B'. La relation entre ces brillances peut s'écrire

$$B' = B \frac{K'}{K} \frac{\int EV' d\lambda}{\int EV d\lambda}.$$

En remplaçant dans cette expression E par les valeurs données plus haut pour la brillance spectrale énergétique du ciel nocturne et K'/K par 1,10, on trouve

$$B' = 0{,}204\,B,$$

d'où, en donnant à B les valeurs calculées par M. Grandmontagne,

$$B' = 2{,}53.10^{-8}\, b/\text{cm}^2 \text{ en } 1937 \quad \text{et} \quad B' = 2{,}18.10^{-8}\, b/\text{cm}^2 \text{ en } 1938.$$

On retrouve l'ordre de grandeur des brillances déterminées par photométrie visuelle.

ZOOLOGIE. — *Sur un Épicaride nouveau*, Cabirops Perezi *n. sp.*, *hyperparasite sur un Épicaride du Pagure* Clibanarius misanthropus. Note de M. **Jacques Carayon**, présentée par M. Charles Pérez.

Clibanarius misanthropus (Risso) est un Pagure littoral commun dans toute la Méditerranée occidentale ainsi que sur les côtes atlantiques d'Espagne et de France. Il est attaqué par diverses espèces de Crustacés parasites, parmi lesquelles *Pseudione Fraissei*, Épicaride branchial du groupe des *Bopyrinæ*, qui fut découvert par Fraisse aux Iles Baléares, puis nommé, sans description, par Kossmann en 1886 (1). Après des recherches infructueuses de Giard et Bonnier, ce parasite fut retrouvé en France en 1912 par M. Ch. Pérez sur des *Clibanarius misanthropus* de la côte provençale (2). En 1940, je l'ai rencontré sur ce même hôte à Arcachon, où il est relativement fréquent, car il se trouve sur 1 à 2 % des Pagures examinés. Cet Épicaride est très voisin de *Pseudione Hyndmanni* (Bate et Westwood), parasite d'*Eupagurus bernhardus* (L.), mais s'en distingue par des caractères tels que l'absence de palpes digitiformes aux maxillipèdes et la présence de tubercules épineux sur les lames secondaires de la lame céphalique postérieure chez les femelles adultes.

(1) Kossmann in Rodriguez, *Hist. nat. las Baleares; Zoologia;* Mahon, 1886.
(2) Ch. Pérez, *Titres et Travaux scientifiques*, II, 1935, p. 233.

Parmi les exemplaires de *Pseudione Fraissei* recueillis à Arcachon en juillet 1940, se trouvait une femelle portant, accroché à la face interne de ses oostégites postérieurs, un Cryptoniscien se rattachant nettement d'après l'ensemble de ses caractères au groupe des *Cryptoniscinæ* et non à celui des *Bopyrinæ;* il ne pouvait donc s'agir d'une larve cryptoniscienne de *Pseudione Fraissei*, mais probablement du Cryptoniscien d'un Épicaride parasite de celui-ci. Les recherches ultérieures m'ont permis de vérifier cette hypothèse par la découverte effective de la femelle adulte. J'ai recueilli par la suite une seconde femelle plus jeune, puis une autre, morte et très altérée, soit au total et, compte tenu du Cryptoniscien, 4 exemplaires pour 250 individus de *Pseudione Fraissei* examinés à Arcachon en 1940 et 1941.

Les Épicarides parasites d'Épicarides, formes extrêmement rares, ne sont connues jusqu'ici que par deux exemplaires de femelles adultes appartenant chacun à un genre différent : l'un, recueilli sur un Bopyrien indéterminé des Îles Philippines, fut décrit par Kossmann en 1872 (3) et nommé *Cabirops lernæodiscoides;* l'autre fut trouvé à Concarneau par Giard et Bonnier sur *Podascon haploopis* G. et B. Épicaride du groupe des *Cryptoniscinæ*; ils le nommèrent *Gnomoniscus podasconis* (4). Les femelles adultes que j'ai recueillies, bien différentes du *Gnomoniscus*, sont par contre très voisines du *Cabirops* et appartiennent certainement à ce genre. Mais, indépendamment de la différence d'hôtes presque évidente, la forme que j'ai rencontrée présente quelques particularités manifestes, comme l'absence de péréiopodes rudimentaires. La création d'une espèce nouvelle me semble donc justifiée; je prie M. Charles Pérez de vouloir bien en accepter la dédicace.

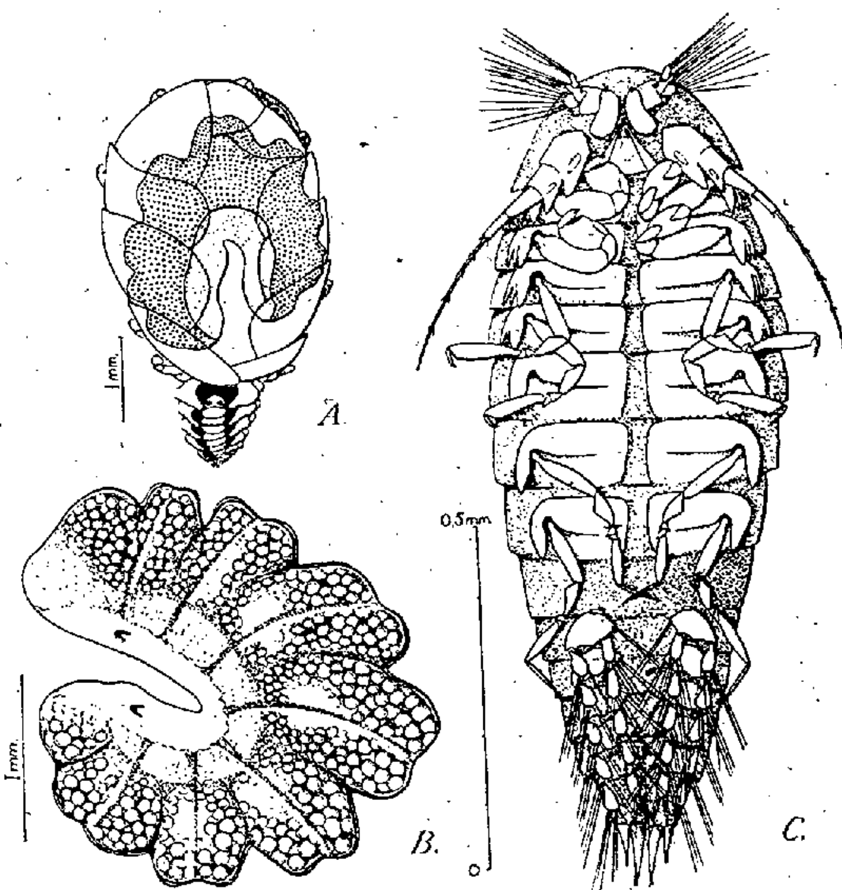
Cabirops Perezi, n. sp., parasite de *Pseudione Fraissei*, lui-même parasite de *Clibanarius misanthropus*. Femelle.

Au stade le plus avancé que j'aie rencontré, elle se présente (*fig.* B) comme une masse fortement arquée, aplatie latéralement, longue de $4^{mm},5$ et large de $1^{mm},25$; vivante, elle avait une couleur ocre jaune due à des œufs sphériques, de 90 à 100^{μ} de diamètre, dont elle était bourrée; il y avait quelques chromatophores jaune clair et orange dans la paroi du corps; celui-ci était capable de mouvements assez vifs, et en quelques instants, l'hyperparasite se dégagea de la cavité incubatrice de l'hôte qu'il remplissait entièrement (*fig.* A). La face dorsale, convexe, porte des bosses très marquées, quadrangulaires, légèrement déprimées en leur milieu et parcourues par

(3) *Arb. Zool. Zoot. Institut Würzburg*, I, 1874, pp. 132-135.

(4) *Bull. scient. France et Belgique*, 25, 1893, pp. 436-438, Pl. XI.

des nervures de chitine épaissie. Tout ce qui subsiste des organes se trouve sous forme de trace blanchâtre contre la face ventrale aplatie et où s'ouvrent, en avant et en arrière, deux orifices en croissant. Faces latérales à peu près symétriques. Aucunes



Cabirops Perezi. A, schéma de la position de la femelle adulte (en grisé) dans la cavité incubatrice de *Pseudione Fraissei.* — B, femelle adulte, vue latérale. — C, Cryptoniscien, face ventrale.

traces d'appendices. La seconde femelle, de dimensions analogues, a une forme plus globuleuse et des bosses dorsales moins accentuées; elle est gonflée non par des œufs, mais par une masse ovarienne rose vif sur le vivant. Le céphalon persiste sous forme d'un lobe aplati renflé dans sa région médiane sans restes d'appendices.

Giard et Bonnier ont décrit (⁵) un Cryptoniscien qu'ils trouvèrent au fond d'un bocal contenant des Palémons d'eau douce de l'Ile d'Amboine, parasités par des Épicarides des genres *Probopyrus* et *Palægyge*. Ils le rapportèrent avec doute, par suite des circonstances de sa découverte, au genre *Cabirops*. La connaissance du *Cabirops Perezi* permet de confirmer cette attribution, car les deux Cryptonisciens sont très voisins.

Les caractères particuliers du Cryptoniscien de *Cabirops Perezi* (*fig.* C) sont les suivants : longueur, $1^{mm},19$, largeur maxima, $0^{mm},44$. Couleur rose orangé sans chromatophores. Pas traces d'yeux. Premier article de chaque antennule en croissant aplati, non échancré, très rapproché de son symétrique, mais non contigu à lui par

(⁵) *Bull. scient. France et Belgique*, **19**, 1887, p. 18, Pl. VI.

son bord interne; second article renflé, portant plusieurs dents assez fortes au bord distal. Antennes de 9 articles, le premier et le second présentant du côté interne une forte apophyse épineuse oblique. Épaulettes coxales des quatre premières paires de péréiopodes tridentées; celles des trois paires postérieures simples. Aux pléopodes, deux soies plumeuses dans une échancrure de l'angle postéro-interne du basipodite, sept au bord postérieur de l'endopodite et cinq à celui de l'exopodite. Endopodites des uropodes plus larges et deux fois plus longs que les exopodites.

Le stade cryptoniscien du *Cabirops* de Kossmann ainsi que son hôte étant inconnus, il est impossible de décider si le Cryptoniscien de Giard et Bonnier appartient à la même espèce ou à une troisième espèce distincte de ces rares parasites.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les caractéristiques anatomiques du foie des Mammifères hibernants.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Charles Pérez.

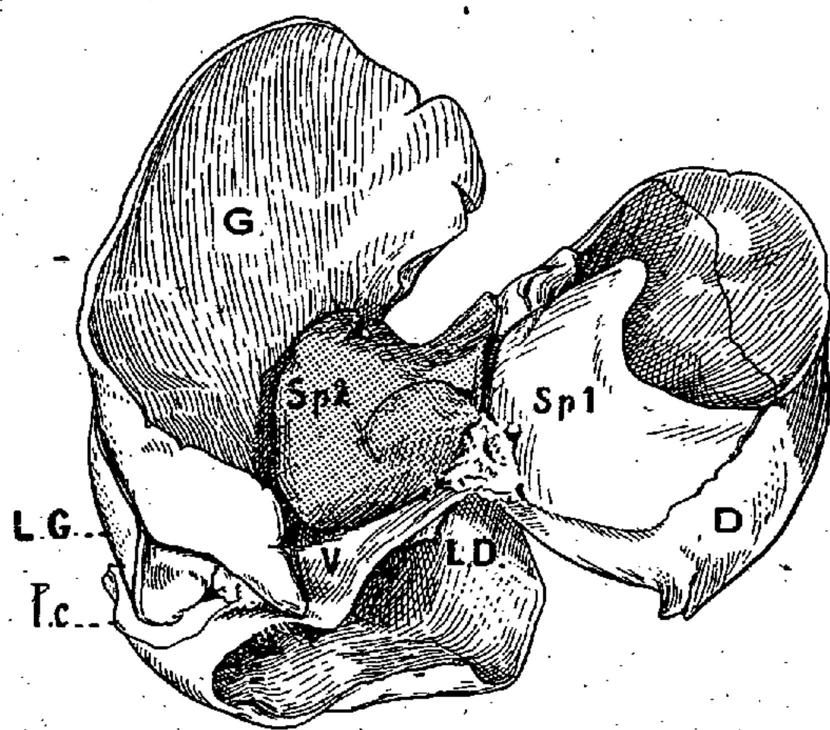
Le foie des Mammifères hibernants, qui n'avait pas été étudié, jusqu'ici, au point de vue morphologique, présente deux caractères très constants :

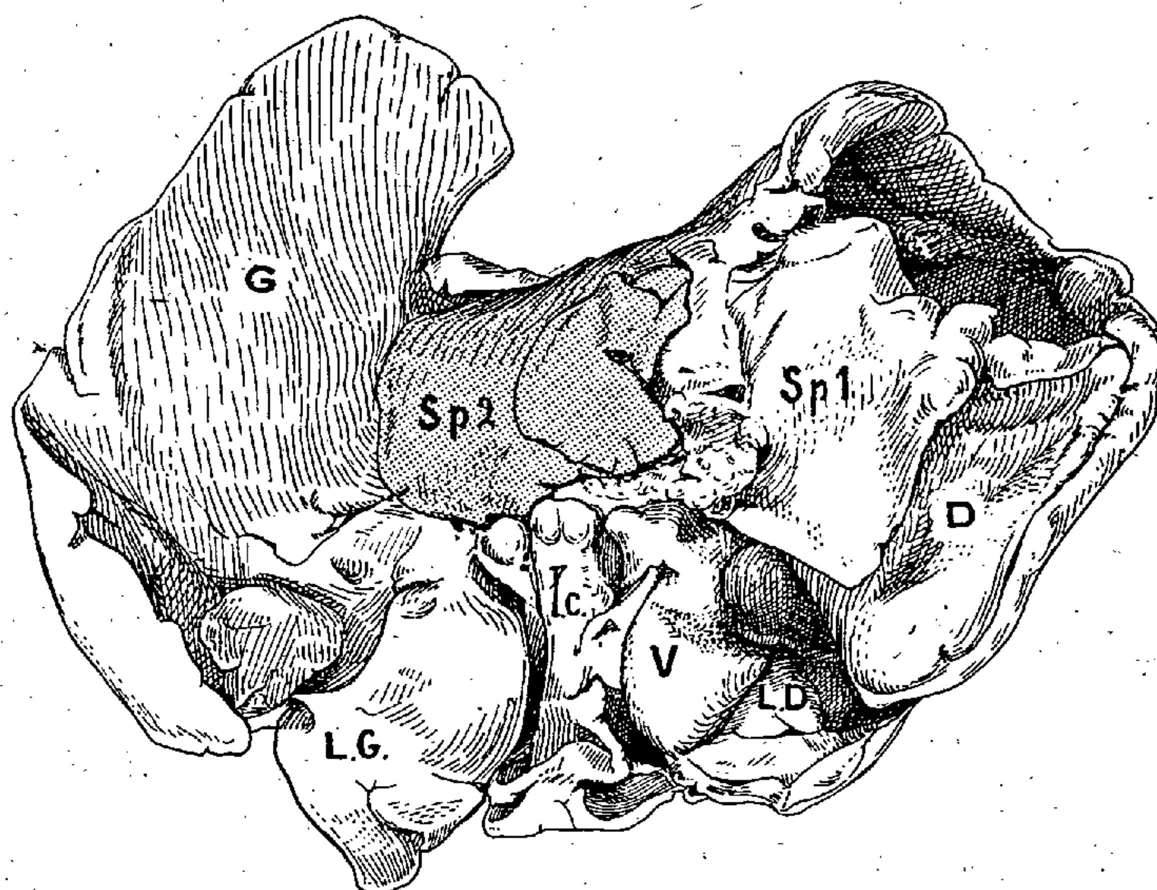
1° Il est notablement plus développé, par rapport au corps tout entier, que celui des autres Mammifères du même groupe zoologique étroit et de la même taille. C'est ainsi que, parmi les Carnassiers (Canidés), chez le *Nyctereutes* (Hibernant cantonné à la Sibérie orientale, au Japon, à la Chine septentrionale et centrale), il constitue la trentième partie du poids du corps, alors que, chez le *Vulpes* (Renard), il n'en constitue que la cinquantième partie, environ. Les mêmes proportions se retrouvent pour les poids hépatiques des deux Rongeurs (Sciuridés) *Citellus* (Spermophile) (Hibernant actuellement localisé, en Europe, aux steppes des régions orientales et méridionales) et *Sciurus* (Écureuil).

2° Un des lobes du foie, le lobe papillaire de Spiegel, simple chez les Carnassiers et les Rongeurs en général, présente, chez les Hibernants (*Nyctereutes*, *Citellus*), un lobule accessoire élargi au point de former une partie du lobe papillaire lui-même, dont l'apex devient, ainsi, bifide. Le parenchyme de ce lobule accessoire que l'on peut nommer *hibernal* possède surtout, au point de vue histologique, une structure de glande endocrine; ainsi que le montrent le développement considérable du système veineux, d'une part, la réduction des voies biliaires, d'autre part.

Les matériaux que j'ai eus à ma disposition m'ont permis d'observer le lobule hibernal, non seulement chez le *Nyctereutes* et le *Citellus*, mais

aussi chez l'*Erinaceus* (Hérisson), parmi les Insectivores, et l'*Arctomys* (Marmotte), parmi les Rongeurs : les termes de comparaison font, ici,





Foie vu par sa face viscérale chez deux Carnassiers (Canidés) sensiblement de même taille somatique. — En haut, *Vulpes velox* Say. — En bas, *Nyctereutes procyonoïdes* Gray (Hibernant). — D., lobe droit; G., lobe gauche; L. D., lobe intermédiaire droit; L. G., lobe intermédiaire gauche; l. c., lobe carré; Sp1, lobe de Spiegel (lobe caudé); Sp2, lobe de Spiegel (lobe papillaire); V., vésicule biliaire. — G. N. × 2/3.

défaut, l'*Erinaceus* ne pouvant être rapproché, parmi les Érinacéidés, que du *Gymnura*, Mammifère de Malaisie dont je n'ai pu me procurer d'exem-

plaire, et l'*Arctomys* étant seule de sa taille dans le groupe des Sciuridés.

Les changements somatiques profonds qui précèdent et accompagnent le sommeil hibernal, comme l'engraissement, par exemple, impliquent des modifications dans l'activité des glandes endocrines dont le foie est la plus importante : c'est dans les cellules hépatiques que, notamment, les matériaux énergétiques provenant de la digestion sont mis en réserve jusqu'au moment où ils sont rejetés dans le milieu intérieur; or, il est certain que les Mammifères hibernants sont, plus que d'autres, obligés d'emmagasiner d'abondantes réserves pour la durée de leur longue période d'inaction. Ceci permet d'expliquer, chez eux, le grand développement du foie, d'une part, la présence du lobule hibernal, d'autre part.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les lois de rotation de l'œil.* Note de M. **Jean Rösch**, présentée par M. Bernard Lyot.

L'œil étant assimilé à une sphère mobile autour de son centre, à laquelle est liée une droite diamétrale représentant la ligne visuelle, sa position dépend des deux angles fixant la direction de la ligne visuelle et de l'orientation de l'œil autour de celle-ci, soit trois paramètres. On admet que les mouvements oculaires normaux obéissent aux deux lois suivantes :

1° *Loi de Donders.* — L'orientation du globe oculaire autour de la ligne visuelle ne dépend que de la direction de celle-ci, autrement dit le troisième paramètre est une fonction des deux autres.

2° *Loi de Listing.* — Quand la ligne visuelle s'écarte d'une certaine direction dite *primaire*, la position de la sphère après mouvement (position *secondaire*) est la même que si le plan du grand cercle passant par la direction primaire et la direction secondaire de la ligne visuelle avait glissé sur lui-même.

Les résultats expérimentaux conduisant à ces lois ne concernent que les positions parallèles des deux lignes visuelles. Tous les auteurs qui ont fait des mesures en vision convergente reconnaissent que l'œil subit alors une *torsion* supplémentaire autour de la ligne visuelle. Ce qui revient à dire que la loi de Donders s'entend pour des positions parallèles des lignes visuelles seulement. Quant à la loi de Listing, il semble que la convergence amène tout au moins un déplacement de la position primaire.

Interprétation. — 1° De la loi de Donders, il résulte que si l'on fixe à plusieurs reprises un point de l'espace, un point voisin a à chaque fois son image sur le même élément rétinien. On peut donc admettre que la loi de Donders satisfait à la nécessité (ou tout au moins à l'énorme avantage) de pouvoir percevoir l'immobilité des points fixes de l'espace. Nous avons dit

qu'elle avait été vérifiée pour des lignes visuelles parallèles. On peut s'attendre à ce que l'énoncé réel et complet soit le suivant : le troisième paramètre est une fonction des deux premiers et de la convergence des lignes visuelles.

2° La loi de Listing n'a pas d'interprétation aussi apparente. Fick et Wundt en ont proposé une explication basée sur les dimensions des différents muscles, en invoquant un *principe de moindre action musculaire.* Helmholtz leur rétorque qu'on ne peut pas chercher là une cause déterminante, les muscles s'adaptant au contraire aux mouvements qu'ils doivent produire. Il avance l'argument suivant : nous exécutons les mouvements qui nous sont les plus utiles, mais nous pouvons, moyennant volonté et exercice, en exécuter d'autres. Ainsi nous avons l'habitude de tourner l'humérus dans l'épaule et le radius et le poignet autour du cubitus dans le même sens pour exécuter les mouvements de pronation et de supination de la main. Mais nous pouvons, en nous y exerçant, faire ces deux parties de mouvement en sens inverse, et faire tourner ainsi le coude sans que la main tourne. L'exercice est nécessaire, car il s'agit d'un mouvement *anormal* et sans utilité. De même pour l'œil, nous devons, pense Helmholtz, exécuter normalement des mouvements de Listing pour une raison d'utilité, mais nous pouvons dans certaines conditions en exécuter d'autres. Helmholtz a cherché à quelle condition serait satisfait un *principe de plus facile orientation* grâce auquel nous reconnaîtrions l'immobilité des points fixes de l'espace en passant de la vision directe à la vision indirecte. Il trouve que ce n'est possible que pour un champ visuel infiniment petit, et que la loi de Listing serait celle qui donnerait l'erreur moyenne la plus petite pour toute l'étendue d'un champ *circulaire*. La raison d'utilité ainsi trouvée semble un peu précaire.

Mais à la suite de l'argument d'Helmholtz on peut ajouter ceci : dans le mouvement normal de pronation, l'expérience montre une corrélation entre la rotation du coude et celle du poignet, et une autre dans le mouvement de supination, chacune correspondant à un couple de muscles actifs. Or :

1° ces corrélations ne semblent d'aucune utilité puisque la rotation de la main est toujours la somme des deux autres;

2° on ne peut pas les expliquer par les dimensions des muscles, si celles-ci s'adaptent à leurs fonctions;

3° la disposition des tissus autres que les muscles actifs n'a pas une influence déterminante, puisqu'il existe deux corrélations, une dans chaque sens.

On peut envisager comme raison d'être de cette coordination l'existence d'une *relation simple* entre les *excitations* des muscles en cause, relation qui pourrait être rompue par un effort de volonté. L'*utilité* serait donc une simplicité plus grande dans le fonctionnement du système nerveux. Nous chercherons dans ce sens une explication de la loi de Listimg, moyennant la définition d'un *coefficient d'excitation*.

Nous admettons l'existence, comme constituant unique de tous les muscles, d'une fibre élémentaire, de section s_0, fonctionnant en *tout ou rien*, dont la longueur en fonction de la traction f est

$$l = l_0(1 + Kf) \quad \text{ou} \quad l = l'_0(1 + K'f),$$

selon qu'elle n'est pas excitée ou qu'elle l'est. En introduisant le nombre de fibres constituant le muscle, on met en évidence sa longueur et sa section au repos L_0, S_0, sa longueur actuelle L, la traction totale F, et un *coefficient d'excitation* θ compris entre 0 et 1 (proportion de fibres excitées), et l'on a

$$F = \frac{S_0}{Ks_0}\left\{\frac{L}{L_0}\left[\left(\frac{Kl_0}{K'l'_0} - 1\right)\theta + 1\right] - \left(\frac{K}{K'} - 1\right)\theta - 1\right\}.$$

Les courbes isotoniques ($\theta = \text{const.}$) données par cette relation sont des droites passant par un point fixe, ce qui s'accorde bien avec les résultats expérimentaux de Beck (*Pflügers Archiv*, 193, 1920) dans la région moyenne de fonctionnement. Ces résultats, sur la Grenouille, concordant avec les chiffres de Motais pour un muscle oculaire inerte, pourront être utilisés pour la détermination des constantes.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La polychromie du mélanocyte chez les Vertébrés : relations avec la riboflavine (vitamine* B2) *et les substances à fluorescence bleue*. Note [1] de M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours de nos recherches antérieures avec M. Fontaine sur la répartition de la riboflavine et des substances à fluorescence bleue dans la peau et les écailles des Poissons [2], nous avons mis en évidence que

---

(1) Séance du 19 janvier 1942.

(2) M. Fontaine et R.-G. Busnel : *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1521 ; 206, 1938, p. 1679; *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 370.

ces corps étaient, dans les tissus mélanisés, localisés étroitement aux mélanocytes ([3]).

Nous avons étendu ces observations aux différents groupes de Vertébrés, par les méthodes histologiques et chimiques déjà définies dans nos publications précédentes ([4]).

Chez les Vertébrés inférieurs, il y a une relation histologique constante entre le mélanocyte, la riboflavine et les substances à fluorescence bleue. Cette relation, que nous observons plus particulièrement dans les tissus épidermiques, se retrouve dans tous les mélanocytes des organes internes, spécialement sur les membranes séreuses (Foie, Intestin, Organes génitaux, Moelle épinière). Chez les albinos, ces mêmes tissus sont dépourvus de ces divers corps.

Ces substances se rencontrent dans le mélanocyte sans qu'il nous ait été possible de les définir cytologiquement. Dans certains cas, on les observe au voisinage immédiat du mélanocyte; ailleurs, ces substances sont parfois fixées sur de la mélanine isolée en bloc ou en grain (rétine, peau). Le mélanocyte des Vertébrés inférieurs doit donc être considéré comme formé d'*une association pigmentaire*.

Ces corps sont plus ou moins abondants dans les mélanocytes selon les espèces étudiées. On ne les rencontre jamais seuls, et ils coexistent, soit en quantités égales (*Trigla*, *Bufo*, *Coronella*), soit avec une dominante très nette. [(Riboflavine : *Gasterosteus*, *Triton*, *Vipera*) (ou substances à fluorescence bleue : *Cyprinus*, *Rana*, *Anguis*.)]

La présence de ces pigments dans le mélanocyte doit donc faire considérer celui-ci comme un véritable *chromatocyte polychromatique*.

La teneur des mélanocytes en riboflavine et en substances à fluorescence bleue varie avec la saison, parfois du simple au double; ces variations affectent également le rapport de la flavine aux substances à fluorescence bleue.

Certains cas pathologiques ([5]), comme l'albinisme, mettent bien en évidence la relation de la polychromie du mélanocyte : la disparition partielle ou totale des mélanocytes entraînant la diminution ou la disparition des

---

([3]) L'action vitaminique des pigments à fluorescence bleue a été définie précédemment (L. RANDOIN, M. FONTAINE et R.-G. BUSNEL, A. RAFFY, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1939, p. 473).

([4]) M. FONTAINE et R.-G. BUSNEL, *Bull. I. O. de Monaco*, **742**, 1938; **782**, 1939.

([5]) M. FONTAINE, A. RAFFY et R.-G. BUSNEL, *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 251.

autres pigments. Cette disparition ne semble pas affecter la teneur en riboflavine d'autres organes qui en contiennent normalement (Foie) dans la mesure où l'on tient compte de la séreuse hépatique pigmentée chez l'animal normal [*Axolotls* blancs et noirs (*Amblystoma mexicanum*)].

Chez les Vertébrés supérieurs, la riboflavine et les substances à fluorescence bleue ne sont observables dans les tissus mélanisés qu'à l'état de traces. Histologiquement il n'est possible de les mettre en évidence que chez de rares espèces (Chien, Chat); les fluorescences de ces corps sont localisées au niveau des chromatocytes épithéliaux.

Les dosages effectués comparativement avec des animaux albinos révèlent l'absence absolue de ces substances.

Le tableau ci-dessous résume des dosages effectués comparativement dans les différents groupes de Vertébrés, au niveau de tissus riches en mélanocytes (peau); ces dosages sont confirmés par les données bibliographiques concernant d'autres tissus, comme la rétine ([6]).

			Tissu riche en mélanocytes = Peau.	
			Riboflavine (en γ par gramme de tissus).	Substances à fluorescence bleue (+).
Vertébrés inférieurs.	Cyclostomes		6 à 9	+
	Poissons		0,1 25	++
	Batraciens		5 100	++
	Reptiles		5 50	+
Vertébrés supérieurs.	Oiseaux		0,5 1,5	–
	Mammifères.	Insectivores	0,5 2	–
		Carnivores	0,5 2	–
		Rongeurs	0,5 1	–
		Ongulés	0,75 1,5	–
		Primates = Simien.	0,3 1	–
		Homme blanc	0,1 0,75	–
		Homme noir	0,1 1	–

(+) observations quantitatives : + présence, ++ grande abondance.

La teneur du mélanocyte en riboflavine ou en substances à fluorescence bleue, très élevée chez les Vertévrés inférieurs, est pratiquement nulle chez les Vertébrés supérieurs. La biochimie du mélanocyte des deux groupes de Vertébrés est donc différente selon le groupe étudié (Bruno Bloch

---

([6]) M. Fontaine et A. Raffy, *La Vitamine* B2 (*Actualités Scientifiques et Industrielles*, 871, Paris, 1941).

distinguait également deux aspects du problème pigmentaire selon les Vertébrés).

Ce fait nous amène à formuler plusieurs hypothèses de travail :

1° La fonction oxydo-réductrice de la riboflavine liée permet d'envisager pour cette substance une place importante dans la mélanogénèse (rôle du ferment jaune de Warburg). La mélanogénèse pourrait s'effectuer chez les Vertébrés inférieurs par l'intermédiaires de ce pigment ([7]).

2° Ces corps peuvent n'être, comme la mélanine, que des produits du catabolisme, qui, chez les Vertébrés inférieurs, sont déposés dans le chromatocycte comme substance de déchets, et chez les Vertébrés supérieurs éliminés dans les urines (Fontaine) ([8]). Ils sont toutefois partiellement rejetés à l'extérieur chez les Vertébrés inférieurs au moment de la mue et au fur et à mesure de la desquamation épithéliale (cas des chromatocytes épidermiques).

3° Le rapport entre la teneur du mélanocyte en riboflavine et en substances à fluorescence bleue avec le groupe zoologique étudié est l'inverse de celui de l'hépatoflavine, signalé par Fontaine et Raffy ([9]). Il y aurait vraisemblablement une liaison entre ces deux observations, en rapport avec les caractères physiologiques des organes étudiés.

4° La présence à haute dose d'un pigment respiratoire oxydo-réducteur au niveau même de la surface des échanges respiratoires dans les espèces où de la respiration cutanée est des plus importante, n'est peut-être pas sans rapport avec cette fonction.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Spécificité, composition en acides aminés et poids moléculaire des myoglobines (hémoglobines musculaires).* Note de MM. **Jean Roche** et **Yves Derrien**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les myoglobines (hémoglobines musculaires) sont, comme les pigments sanguins du même type, constituées par l'union du protohème et d'une

---

([7]) Deux espèces étudiées offrent deux cas qui peuvent infirmer cette hypothèse : il s'agit du Poisson *Amiurus cattus*, dont les téguments mélanisés sont pauvres en riboflavine et en substances à fluorescence bleue, et du Poisson *Carassius auratus*, où les chromatocytes, dépourvus de mélanines, sont très riches en substances à fluorescence bleue.

([8]) *Gaz. hebd. Sc. médic. de Bordeaux*, 50, déc. 1938.

([9]) *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1941, p. 389.

globine (Mörner, Günther, Roche, Theorell). Les unes et les autres possèdent qualitativement les mêmes caractères, mais elles diffèrent, en particulier, dans leur affinité pour l'oxygène et l'oxyde de carbone et la position de leurs bandes d'absorption spectrales (Theorell, Hill, Millikan, Roche). Aussi pouvait-on penser que leurs constituants protéiques ne sont pas identiques et, par ailleurs, l'étude de la teneur en acides aminés des hémoglobines sanguines, poursuivie par l'un de nous, suggère l'hypothèse que la globine musculaire de chaque animal présente une composition spécifique. Nous avons entrepris des recherches sur la teneur en certains acides aminés des myoglobines du Bœuf, du Chien et du Cheval dans le but de nous faire une opinion à ces divers égards.

Trois échantillons de myoglobine pure ont été préparés, chacun à partir d'environ 30^{kg} de muscle cardiaque (Bœuf et Cheval) ou squelettique (Chien), par la méthode de Roche, Derrien et Moutte (1). Les globines de ces pigments purs ont été isolées et hydrolysées dans les conditions exigées par le dosage des divers acides aminés. On trouvera dans le tableau ci-dessous l'ensemble de nos résultats, exprimés en % de chromoprotéide, auxquels nous avons adjoint ceux obtenus antérieurement sur les pigments sanguins des mêmes animaux (Vickery et White, Roche et Jean, Block).

Teneur % en divers acides aminés d'hémoglobines sanguines et musculaires de Bœuf, de Cheval, de Chien.

	Hémoglobine musculaire de			Hémoglobine sanguine de		
Acide aminé.	Bœuf.	Cheval.	Chien.	Bœuf.	Cheval.	Chien.
Arginine	2,01	2,35	2,38	3,44	3,54	3,39
Histidine........	11,70	8,48	10,61	7,81	7,94	8,25
Lysine..........	9,96	10,24	10,84	8,44	7,99	8,26
Cystéine........	0,85	0,80	0,78	0,56	0,40	1,20
Tyrosine........	2,98	2,28	1,17	3,25	3,38	3,49
Tryptophane	3,72	4,06	3,75	2,30	2,41	2,92
Alanine.........	9,29	6,90	5,66	8,70	7,60	7,10
Leucine.........	13,92	17,43	13,26	15,70	19,10	15,00
Valine..........	4,11	4,81	4,35	8,90	9,70	7,10

Nous avons calculé (2) à partir des données déterminées sur les myoglobines, le

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 23, 1941, pp. 1114-1129.

(2) En tenant compte des limites d'erreur expérimentale inhérentes aux méthodes de dosage employées.

rapport moléculaire R entre les divers acides aminés et la fréquence F de ceux-ci dans la molécule, suivant les modalités fixées par Bergmann et Niemann (³), et obtenu les résultats groupés dans le tableau suivant.

Rapport moléculaire (R) *et fréquence* (F) *des divers acides aminés dans les myoglobines de Bœuf, de Cheval et de Chien.*

	R dans les myoglobines de			F dans les myoglobines de		
Acide aminé.	Bœuf.	Cheval.	Chien.	Bœuf.	Cheval.	Chien.
Cystéine	1	1	1	144	144	144
Tyrosine	2	2	1	72	72	144
Arginine	2	2	2	72	72	72
Tryptophane	3	3	3	48	48	48
Valine	6	6	6	24	24	24
Histidine	12	9	12	12	16	12
Lysine	12	12	12	12	12	12
Alanine	12	12	16	12	12	9
Leucine	16	18	16	9	8	9

Les conclusions suivantes se dégagent de ces résultats :

1° Dans une même espèce animale, les hémoglobines sanguine et musculaire renferment chacune un constituant protéique particulier. Celui du pigment hématique est, en général, plus riche en tyrosine, en leucine, en valine et en arginine, mais plus pauvre en tryptophane, en lysine et en histidine que la globine musculaire.

2° Comme les hémoglobines du sang, celles du muscle n'ont pas la même composition en acides aminés chez les divers animaux. Contrairement à ce que l'on observe dans les premières, la teneur en cystéine est pratiquement la même dans les myoglobines de Bœuf, de Cheval et de Chien; celles-ci présentent par contre des écarts notables dans le taux de la tyrosine, de la leucine, de l'alanine et de l'histidine. Ces différences doivent nécessairement servir de support aux caractères spécifiques des myoglobines, dont nous poursuivons l'étude.

3° Les rapports R et les fréquences F des neuf acides aminés étudiés correspondent à un nombre total de $R \times F = 144$ molécules d'acides aminés,

(³) *Journ. of Biol. Chem.*, **118**, 1937, pp. 301-314.

de poids moléculaire moyen égal à 117,6, dans les myoglobines de Bœuf, de Cheval et de Chien. Il en résulte que le poids moléculaire de ces chromoprotéides, déterminé par voie chimique selon le principe établi par Bergmann et Niemann, est $144 \times 117,6 = 16934$. Cette valeur présente une remarquable concordance avec celles (16800-17500) établies par ultracentrifugation (Sverdberg, Pedersen) et par osmométrie (Roche et Vieil) sur les solutions des mêmes pigments.

IMMUNOCHIMIE. — *Mécanisme des réactions antigène-anticorps et structure moléculaire des protéides.* Note de MM. **Dikran Dervichian** et **Pierre Grabar**, présentée par M. Louis Martin.

En faisant appel à la structure de la molécule des protéides proposée par l'un d'entre nous [1], il est possible de donner une base et un sens précis aux notions de groupements spécifiques et de valences multiples que diverses théories immunochimiques avaient déjà introduites. De plus, notre interprétation des phénomènes observés au cours des réactions de précipitation permet d'en prévoir les relations quantitatives.

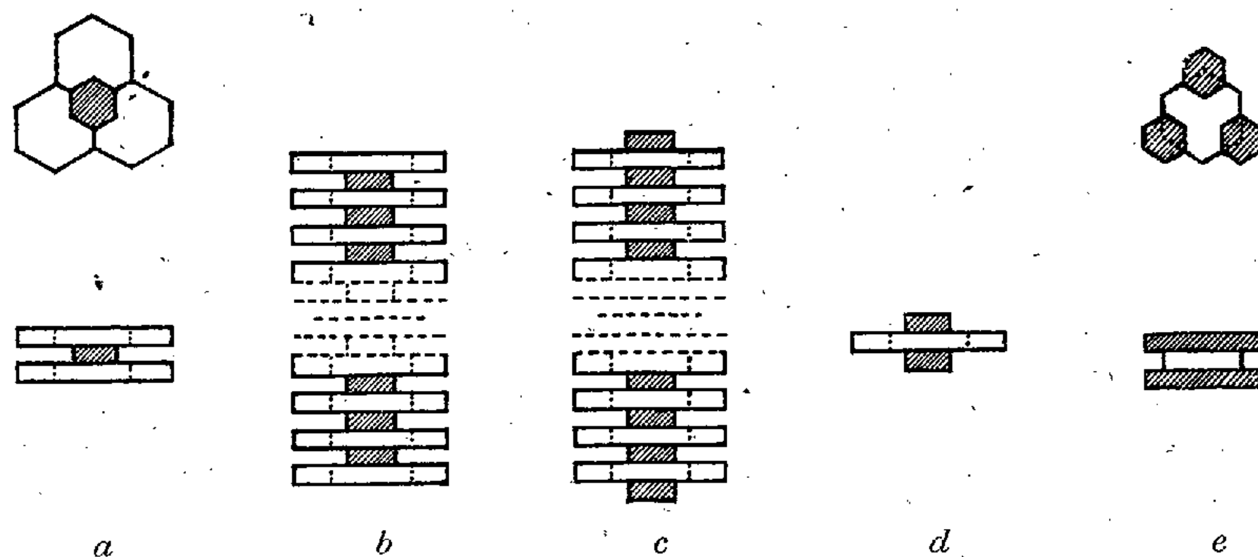
I. La molécule des protéides est assimilée à un cylindre aplati dont les deux faces planes identiques sont formées par l'ensemble des groupements polaires libres des restes aminoacides. Toute union entre un antigène et un anticorps se fait par juxtaposition des surfaces planes des deux molécules. Quelle que soit la nature des liaisons, elles font nécessairement intervenir des restes d'aminoacides. Il faut donc que, dans la zone de contact des deux molécules, les arrangements respectifs des groupements qui interviennent soient compatibles. Or les différents groupements polaires, qui émergent de chacune des deux faces de la molécule plate, sont rangés périodiquement suivant un réseau hexagonal plan. Dans ce réseau, l'ensemble d'un certain nombre d'éléments d'espèces différentes constitue un *motif*. Suivant la variété des acides aminés qui y figurent, ce motif peut être plus ou moins grand. La compatibilité des arrangements réciproques revient donc à une compatibilité des motifs entrant

---

(1) D. Dervichian, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 792, et 212, 1941, p. 86. *Journn. de Chim. Phys.*, 38, 1941, p. 59.

en contact. Plus les motifs compatibles sont grands, plus la spécificité est étroite. Ces notions conduisent ainsi à une *définition cristallographique de la spécificité*. Du fait de la symétrie ternaire du réseau hexagonal, tout motif se répète nécessairement trois fois (ou un multiple de trois fois) sur chaque face de la molécule (rotation de 120° autour du centre de symétrie). Il en résulte que chaque molécule doit pouvoir, par chacune de ses faces, entrer en contact et s'unir avec trois des molécules opposées. Tout se passe donc comme si les molécules avaient un *nombre de* valences *égal au nombre d'emplacements du motif spécifique*.

II. Considérons une solution contenant une quantité fixe d'anticorps (A). Si l'on y ajoute une très petite quantité d'antigène (G), seules les molé-



cules G sont en mesure de satisfaire toutes leurs valences à la fois. Toutes s'unissent donc, par chacune de leurs faces, à trois molécules d'anticorps; celles-ci, par contre, n'interviennent chacune que par une seule de leurs valences. Le composé qui se forme, A_6G, est représenté par le schéma (*a*). Chaque molécule de G, au lieu de saturer ses valences en se combinant avec des molécules libres de A, peut aussi se fixer sur une des faces extérieures du composé A_6G. Il en résulte ainsi des empilements schématisés en (*b*) et (*c*) et représentés par les formules $(A_3G)_nA_3$ et $(A_3G)_nG$. Les uns sont terminés par des molécules A, les autres par des molécules G. Les proportions relatives des complexes du type *a*, *b* ou *c* qui se forment dépendent du rapport des quantités de A et G en présence. Il en est de même de la valeur moyenne du nombre *n*. La quantité de G ajoutée croissant, les empilements à valeur élevée de *n* prédomineront et, autant sous la forme *b* que sous la forme *c*, la composition du complexe sera proche de la valeur intermédiaire A_3G. Par ailleurs, à partir d'une

certaine proportion, la quantité de A entrant en combinaison restera constante, la totalité présente étant utilisée, alors que des quantités croissantes de G pourront encore intervenir par suite de l'évolution vers les complexes du type *c* à *n* décroissant, le terme final étant représenté par la figure (*d*) et correspondant à la formule A_3G_2. On peut envisager encore la formation d'un composé AG_6, ayant la disposition inverse du composé *a* et qui se formerait en présence d'un très grand excès de G (*fig. e*).

Sur une courbe représentant les quantités de A combinées en fonction des quantités de G ajoutées, on observera, au début, une partie montante (zone d'excès d'anticorps) suivie d'un palier (zone dite d'équivalence). Si, suivant l'usage, A est titré sous forme de précipité et que le complexe formé est soluble à partir d'une certaine composition, la courbe descendra (zone d'inhibition) après ce palier qui sera plus ou moins marqué.

III. Des formules moléculaires empiriques ont été établies par Heidelberger (²), en se basant sur des déterminations quantitatives faites sur les précipités spécifiques. Il s'agit d'antigènes-protéines de poids moléculaires différents connus (42000 à 310000) et des anticorps correspondants du Lapin (P.M. = 160000). Avec l'ovalbumine, l'azo-ovalbumine et la sérum-albumine, on trouve respectivement : A_5G, A_5G et A_6G, en présence d'un très grand excès d'anticorps; de même A_3G à A_5G_2, A_3G à A_5G_2 et A_4G à A_3G, dans la zone d'équivalence; enfin, en présence d'excès croissant d'antigène, des valeurs moins bien définies allant de A_2G à AG, A_3G_4 à AG_2 et A_2G à AG. Dans un article d'ensemble de Hooker et Boyd (³) sont rassemblés des chiffres se rapportant à la seule zone d'équivalence. On aboutit aux formules suivantes : A_4G à A_3G pour l'hémoglobine, A_4G à A_3G pour la sérum-globuline (Cheval) et A_3G pour l'édestine. Pour ces six antigènes différents l'accord avec nos prévision est donc satisfaisant, car il ne faut pas perdre de vue qne la formule A_3G, établie théoriquement pour la zone d'équivalence, n'a qu'une signification de moyenne; de même que A_6G et A_3G_2 ou AG_6 n'ont que le sens de valeurs limites, puisque les différents complexes coexistent et ne prédominent que suivant une loi d'action de masse.

Par contre, les valeurs de $A_{40}G$, $A_{14}G$ à $A_{10}G$ et A_2G à AG, trouvées pour chacune des zones de précipitation de la thyréoglobuline (²), de

---

(²) *J. Am. Chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 242.

même que la proportion de $A_{29}G$ [3] établie pour la zone d'équivalence de l'hémocyanine (Busycon), sont en contradiction manifeste avec nos prévisions. Il faut cependant tenir compte du fait que, dans ces deux cas, la molécule d'antigène est plus grande que la molécule de l'anticorps et qu'elle peut, si la répétition du motif le permet, fixer, sur chacune de ses faces, 6 de ces dernières au lieu 3. De plus, il s'agit de protéides complexes à structure particulière : les grosses molécules des hémocyanines se dissocient facilement en des molécules plus petites. Pour rétablir l'accord avec les proportions théoriques, on devrait donc admettre (en plus de la valence 6) que la molécule élémentaire s'associant à l'anticorps est, pour la thyréoglobuline, 2 fois plus petite que la molécule non dissociée et, pour l'hémocyanine (Busycon), 5 fois plus petite. Il est curieux de constater que des considérations faites par l'un de nous [4] sur les dimensions moléculaires, il ressort que ces mêmes molécules sont exceptionnelles et que la première semble formée de l'empilement de 2 disques élémentaires et la seconde de 5 ou 6.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

---

[3] *J. Gener. Physiol.*, 22, 1939, p. 281.

ERRATA.

—

(Séance du 17 novembre 1941.)

Note de M. *Julien Kravtchenko*, Sur la continuité des dérivées du potentiel :

Page 676, dernière ligne du texte, *au lieu de* conditions L_n, *lire* conditions L_f.
Page 677, formule (3), *au lieu de*

$$I(r)=\int_a^b \frac{f(r)-f(r')}{r-r'}\,dr', \qquad a\leqq r\leqq b,$$

lire

$$\varphi(r)=\int_0^r \frac{f(r')}{r'}\,dr'.$$

Dans l'alinéa III, supprimer la phrase : « Nous désignerons par $\varphi(r)$ le module de continuité de $I(r)$ », ainsi que la formule (3′).

Page 678, ligne 8, *au lieu de* (3′), *lire* (3); ligne 9, *au lieu de* K/r^α, *lire* Kr^α; ligne 11, *au lieu de* K_1/r^α, *lire* K_1r^α.

(Séance du 29 décembre 1941.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *Georges Brooks*, Le rendement en furfural de nos principaux bois indigènes :

Page 963, lignes 7 et 8, *au lieu de* dans le bois des branches que dans celui du tronc, *lire* avec le bois des branches qu'avec celui du tronc.

Même page, rétablir le tableau de la façon suivante :

	Tronc.	Moyenne.	Branches.	Moyenne.
Angiospermes (%).....	2,4 à 9,7	4,3	4,8 à 10,3	6,3
Gymnospermes (%).....	2,4 à 3,8	3,2	3,6 à 5,0	4,5

Lignes 12, 13 et 14, *lire* Ces différences s'ajoutent à celle que nous avons déjà signalée et, dans une certaine mesure, la corroborent, à propos de la teneur en glucides facilement hydrolysables du tronc et des branches (3);....

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1941 (*suite et fin.*)

Carte géologique de la Syrie et du Liban à l'échelle du millionième, dressée par Louis Dubertret. Beyrouth, Haut-Commissariat français, Service des T. P., Section géologique, 1941; 1 pl. 83^{cm},5 × 63^{cm} (présentée par M. Ch. Jacob).

Bibliothèques de synthèse historique. L'évolution de l'humanité. *L'évolution de la pensée scientifique. Les sciences de la Vie aux* XVIIe *et* XVIIIe *siècles. L'idée d'évolution,* par Émile Guyénot. Paris, Éditions Albin-Michel, 1941; 1 vol. 20^{cm},5.

Encyclopédie scientifique. Bibliothèque de biologie générale. *Organisme et sexualité,* par Maurice Caullery. Paris, Gaston Doin et Cie, 1942; 1 vol. 21^{cm}.

Prodrome à une flore mycologique de Madagascar et Dépendances. II. *Les Rhodophylles de Madagascar* (*Entoloma, Nolanea, Leptonia, Eccilia, Claudapus*), par Henri Romagnesi. Paris, 12, rue de Buffon, 1941; 1 vol. 27^{cm},5.

Logique des minéraux du granite, par Jacques de Lapparent. Extrait des n°s 5 et 6 *de la* 79e *année de la Revue scientifique.* Paris, Éditions de la *Revue scientifique,* 1941; 1 fasc. 32^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 FÉVRIER 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 26 janvier 1942, à Lyon, de M. **François-Xavier Lesbre**, ancien Directeur de l'École nationale vétérinaire de Lyon, Correspondant pour la Section d'Économie rurale depuis 1937.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de la Pesanteur dans le Sud-Est et le Centre de la France* (¹). Note (²) de M. **Pierre Lejay**.

Tableau des observations.

	Station.	Date.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	1940-1941.	1940.									
			° ′	° ′	mètres	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
1.	Saint-Genis-Laval.....	5 déc.	4.47,1	45.41,7	298	980,615	980,708	980,674	980,692	+ 16	— 18
	Le Châtelard.........	25 »	4.45,1	45.44,1	298	,618	,711	,677	,696	+ 15	— 19
	Guébriant............	27 »	6.44,7	45.57,3	1440	,314	,759	,595	,715	+ 44	—120
	Sallanches............	27 »	6.38,0	45.56,1	557	,476	,648	,584	,714	— 66	—130
		1941.									
5.	Le Châtelard.........	26-29 mars	–	–	–	,618	–	–	–	–	–
	Saint-Genis-Laval.....	28 mars	–	–	–	,615	–	–	–	–	–
	Cr. de l'Homme mort.	4 avril	3.57,1	45.32,8	1150	,421	,776	,645	,678	+ 98	— 33
	Clermont-Ferrand....	5 »	–	–	–	,576	–	–	–	–	–
	Col de Ventouse......	5 »	2.58,2	45.40,8	980	,466	,769	,657	,691	+ 78	— 34

(¹) Voir *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 659.
(²) Séance du 5 janvier 1942.

Station.	Date.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
1940-1941.	1941.	° ′	° ′	mètres	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
10. Maison-Rouge	5 avril	2.52,8	45.39,2	1121	980,416	980,762	980,635	980,688	+ 74	— 53
Bonlieu	7 »	2.18,5	46. 5,6	423	,607	,738	,690	,727	+ 11	— 37
Évaux................	8 »	2.30,5	46.10,7	454	,614	,755	,703	,735	+ 20	— 32
Pionsat...............	8 »	2.40,1	46. 6,3	521	,587	,747	,689	,729	+ 18	— 40
Clairavaux	9 »	2. 7,8	45.45,5	835	,494	,752	,657	,698	+ 54	— 41
15. Méouze...............	9 »	2.20,7	45.44,7	763	,507	,743	,656	,697	+ 46	— 41
La Villetelle..........	9 »	2.20,3	45.55,4	650	,545	,745	,671	,712	+ 33	— 41
Bonlieu...	10 »	–	–	–	,607	–	–	–	–	–
Cheval-Blanc	11 »	2.34,7	45.51,7	717	,517	,738	,657	,707	+ 31	— 50
Col des Goules	11 »	2.59,4	45.48,2	968	,476	,775	,665	,702	+ 73	— 37
20. Clermont-Ferrand	11 »	–	–	–	,576	–	–	–	–	–
21. Sugères...............	12 »	3.23,5	45.35,6	467	,555	,700	,646	,683	+ 17	— 37
Col des Fourches	12 »	3.40,0	45.34,0	937	,459	,748	,641	,681	+ 67	— 40
Le Châtelard.........	13 »	–	–	–	,618	–	–	–	–	–
Saint-Genis-Laval.....	16 »	–	–	–	,615	–	–	–	–	–
Le Châtelard	19 »	–	–	–	,618	–	–	–	–	–
26. Pont de Beauvoisin...	20 »	5.42,7	45.31,0	283	,524	,612	,580	,676	— 64	— 94
Saint-Jean-de-Couze...	20 »	5.49,6	45.27,8	670	,440	,646	,570	,671	— 25	—101
Cognin...............	21 »	5.53,5	45.34,0	332	,521	,624	,586	,680	— 56	— 94
Col de l'Épine........	21 »	5.49,4	45.35,1	1003	,392	,700	,588	,682	+ 18	— 94
Lépin	22 »	5.46,8	45.32,5	382	,510	,629	,584	,676	— 47	— 92
31. Saint-Paul............	22 »	5.48,0	45.41,3	380	,527	,645	,601	,691	— 46	— 90
Col du Chat..........	22 »	5.51,0	45.41,6	617	,472	,661	,592	,692	— 31	—100
Châtillon.............	22 »	5.50,3	45.48,6	240	,571	,645	,618	,702	— 57	— 84
Massignieu	23 »	5.43,9	45.45,6	235	,574	,647	,620	,698	— 51	— 78
35. Trémurs	23 »	5.41,3	45.38,8	211	,561	,627	,602	,688	— 61	— 86
Conzieu..............	23 »	5.36,1	45.43,7	353	,552	,661	,622	,695	— 34	— 73
Innimond	24 »	5.33,3	45.49,2	866	,472	,740	,641	,703	+ 37	— 62
Chart. de Portes......	24 »	5.28,9	45.52,0	953	,459	,753	,645	,706	+ 47	— 61
Le Châtelard	27 »	–	–	–	,618	–	–	–	–	–
Hières-Brotel.........	1er mai	5.18,6	45.47,0	247	,601	,678	,649	,700	— 22	— 51
40. Saint-Hilaire..........	1er »	5.16,9	45.41,4	255	,592	,671	,642	,691	— 20	— 49
Mornant.............	5 »	4.39,6	45.37,4	420	,595	,725	,677	,686	+ 39	— 9
Col des Brosses.......	5 »	4.33,3	45.43,0	864	,496	,763	,665	,694	+ 66	— 29
Le Châtelard	13 »	–	–	–	,618	–	–	–	–	–
Pizay.................	13 »	5. 5,6	45.52,7	227	,626	,696	,670	,708	— 12	— 38
46. Saint-André-de-Corcy.	13 »	4.56,2	45.56,0	297	,632	,724	,690	,713	+ 11	— 23
Couzon..............	16 »	4.35,5	45.29,8	324	,577	,677	,641	,674	+ 3	— 33
Cornavent............	16 »	4.51,6	45.35,4	262	,608	,690	,659	,683	+ 7	— 24
Mont Thou...........	24 »	4.48,2	45.50,6	612	,564	,753	,683	,705	+ 48	— 22
50. Mas Rillier............	24 mai	4.57,2	45.49,7	307	,623	,718	,683	,704	+ 14	— 21
Pusignan.............	24 »	5. 4,1	45.45,2	264	,606	,688	,658	,697	— 9	— 39
Le Châtelard	31 »	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Tenay	1er juin	5.31,7	45.55,7	380	,571	,689	,645	,713	— 24	— 68
Col de la Lèbe........	1er »	5.37,5	45.54,6	910	,471	,753	,649	,711	+ 42	— 62

Station.	Date.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
1940-1941.	1941.									
		° ′	° ′	mètres	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
Anglefort	1er juin	5.48,8	45.54,2	249	980,581	980,658	980,630	980,711	— 53	— 81
Injoux	2 »	5.46,5	46. 3,7	556	,553	,725	,661	,725	0	— 64
Col de Richemont	2 »	5.45,1	46. 0,7	1070	,449	,779	,658	,720	+ 59	— 62
Col de la Cheminée	2 »	5.39,4	46. 3,6	929	,489	,777	,670	,725	+ 52	— 55
Pont d'Enfer	3 »	5.29,2	46. 4,3	449	,582	,762	,670	,726	+ 36	— 56
Le Rosset	3 »	5.16,1	46. 3,9	299	,613	,706	,672	,725	— 19	— 53
Saint-André	3 juin	5. 4,2	46. 5,5	279	,633	,720	,688	,727	— 7	— 39
Le Châtelard	19 »	—	—	—	,618	—	—	—	—	—
Vienne	20 »	4.50,2	45.29,0	193	,608	,668	,646	,674	— 6	— 28
Chanas	20 »	4.50,6	45.19,6	198	,584	,646	,623	,659	— 13	— 36
Hauterives	20 »	5. 1,7	45.15,9	337	,528	,632	,594	,653	— 21	— 59
Charmes	21 »	5. 1,6	45. 9,2	249	,539	,616	,588	,644	— 28	— 56
Alixan	21 »	5. 4,0	44.58,0	205	,538	,602	,578	,626	— 24	— 48
La Paillette	21 »	5. 0,6	44.49,5	215	,525	,592	,567	,614	— 22	— 47
La Vachère	22 »	5. 7,5	44.44,0	264	,514	,596	,566	,605	— 9	— 39
Gorges d'Omblèze	22 »	5.11,6	44.50,8	555	,453	,624	,561	,615	+ 9	— 54
Bouvante	23 »	5.15,2	44.54,4	753	,413	,645	,560	,621	+ 24	— 61
Col de la Portette	23 »	5.18,2	44.58,2	1160	,334	,691	,561	,628	+ 63	— 67
Col de Lachaux	23 »	5.11,7	44.54,3	1321	,303	,710	,561	,621	+ 89	— 60
Saint-Agnan	24 »	5.26,0	44.55,3	808	,400	,649	,558	,622	+ 27	— 64
Die	24 »	5.21,7	44.46,1	420	,470	,599	,552	,608	— 9	— 56
Col de La Menée	25 »	5.36,4	44.45,5	1440	,257	,700	,538	,607	+ 93	— 69
Quatre-Chemins	25 »	5.37,3	44.54,7	902	,375	,654	,551	,621	+ 33	— 70
Laffray-Pétichet	26 »	5.46,7	44.59,6	944	,372	,664	,557	,628	+ 36	— 71
Col des Accarias	26 »	5.44,1	44.50,0	890	,371	,645	,545	,614	+ 31	— 69
Croix-Haute	27 »	5.40,3	44.42,9	1070	,306	,636	,515	,604	+ 32	— 89
Aspres-Agnielles	27 »	5.46,9	44.36,7	1028	,299	,617	,500	,594	+ 23	— 94
La Cluse	27 »	5.51,0	44.37,7	1111	,270	,612	,487	,595	+ 17	—108
La Trinité	28 »	5.59,1	44.46,7	802	,342	,590	,498	,609	— 19	—111
Col Bayard	28 »	6. 4,9	44.37,0	1250	,255	,640	,499	,595	+ 45	— 96
Savines	29 »	6.22,1	44.31,8	743	,325	,554	,471	,587	— 33	—116
La Roche de Rame	29 »	6.35,2	44.45,4	969	,258	,557	,448	,607	— 50	—159
Ailefroide	1er juillet	6.26,9	44.53,8	1480	,142	,601	,433	,620	— 19	—187
Briançon-Prelles	2 »	6.35,5	44.51,5	1153	,222	,577	,448	,617	— 40	—169
Le Casset	2 »	6.28,5	44.59,8	1520	,159	,628	,456	,629	— 1	—173
Col du Lautaret	3 »	6.24,2	45. 2,2	2058	,080	,716	,483	,632	+ 84	—149
Chambon	3 »	6.10,4	45. 2,6	1068	,263	,593	,472	,633	— 40	—161
La Bérarde	4 »	6.17,7	44.56,2	1738	,116	,653	,456	,623	+ 30	—167
Col d'Ornon	5 »	5.58,1	45. 0,7	1317	,250	,655	,507	,630	+ 25	—123
Pont-le-Prêtre	5 »	5.52,0	44.54,6	700	,384	,600	,521	,621	— 21	—100
La Morte	5 »	5.51,8	45. 1,8	1358	,274	,692	,540	,632	+ 60	— 92
Saint-Nizier	6 »	5.38,1	45. 9,8	1139	,342	,693	,565	,644	+ 49	— 79
La Balme	6 »	5.28,6	45. 5,4	665	,433	,538	,563	,637	— 99	— 74
Pont de Beauvoisin	7 »	5.20,3	45. 7,5	182	,549	,600	,583	,640	— 39	— 57
Chasselay	7 »	5.22,1	45.14,3	397	,515	,668	,592	,651	+ 17	— 59
Roybon	8 »	5.14,1	45.16,2	586	,475	,655	,589	,654	+ 1	— 65
Marcilloles	8 »	5.11,7	45.20,4	320	,539	,637	,602	,660	— 23	— 58
Saint-Étienne	8 »	5.22,0	45.20,3	397	,521	,642	,597	,660	— 17	— 62
Rives	8 »	5.27,8	45.21,2	437	,503	,638	,588	,661	— 23	— 73
Champier	9 »	5.17,2	45.26,8	464	,515	,657	,606	,669	— 12	— 63

Station.	Date.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
1940-1941.	1941.	° ′	° ′	mètres	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
105. Pont Rouge...........	9 juillet	5. 8,2	45.27,7	399	980,538	980,661	980,616	980,671	— 10	— 55
Eyzin	9 »	5. 1,0	45.28,4	288	,572	,661	,629	,672	— 11	— 43
Vienne	9 »	4.55,5	45.30,9	190	,609	,668	,646	,676	— 8	— 30
Le Châtelard	11 »	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bourgoin.............	23 »	5.14,6	45.35,8	224	,586	,655	,630	,683	— 28	— 53
110. Le Pin	23 »	5.30,3	45.27,9	520	,491	,651	,593	,671	— 20	— 78
Pommiers.............	24 »	5.39,3	45.19,4	495	,475	,627	,572	,659	— 32	— 87
Col de Vence.........	24 »	5.45,0	45.14,3	765	,408	,644	,558	,651	— 7	— 93
Grande-Chartreuse....	25 »	5.47,3	45.21,0	871	,403	,672	,573	,661	+ 11	— 88
Les Échelles..........	25 »	5.45,1	45.25,7	389	,498	,617	,574	,668	— 51	— 94
115. Col de Granier.......	25 »	5.54,6	45.28,7	1102	,362	,701	,577	,672	+ 29	— 95
Pontcharra...........	26 »	6. 2,6	45.27,2	271	,507	,591	,560	,670	— 79	—110
Uriage................	27 »	5.48,6	45. 9,9	267	,500	,582	,552	,644	— 62	— 92
Rochetaillée..........	30 »	6. 0,7	45. 6,9	708	,375	,593	,514	,640	— 47	—126
Maupas...............	30 »	6. 2,7	45.12,0	1274	,273	,666	,522	,647	+ 19	—125
120. Croix de Fer.........	31 »	6.12,0	45.13,7	2060	,125	,762	,528	,650	+112	—122
St-Jean-de-Maurienne.	31 »	6.21,2	45.17,7	512	,373	,531	,473	,656	—125	—183
La Chapelle..........	31 »	6.17,2	45.24,3	381	,440	,557	,514	,666	—109	—152
Aiguebelle............	31 »	6.15,0	45.33,4	305	,489	,583	,549	,679	— 96	—130
Le Châtelard	1er août	6. 8,1	45.41,8	711	,432	,651	,571	,692	— 41	—121
125. Mont Revard	1er »	5.59,7	45.41,8	1212	,341	,715	,577	,692	+ 23	—115
Cusy	2 »	6. 0,7	45.45,1	597	,474	,657	,590	,697	— 40	—107
Létraz................	2 »	6. 8,8	45.52,5	448	,508	,646	,596	,708	— 62	—112
Bout du Lac..........	2 »	6.13,3	45.47,8	448	,484	,622	,572	,701	— 79	—129
Col de Tamié.........	3 »	6.19,6	45.40,6	959	,370	,666	,558	,690	— 24	—132
130. Arbine...............	3 »	6.27,5	45.37,2	384	,448	,566	,523	,685	—119	—162
Pralognan............	4 »	6.43,5	45.22,6	1423	,199	,637	,477	,663	— 26	—186
Bellecombe...........	5 »	6.30,0	45.30,6	454	,422	,562	,511	,675	—113	—164
Soney................	6 »	6.22,9	45.46,3	424	,473	,604	,556	,697	— 93	—141
Bout du Lac..........	6 »	6.13,3	45.47,8	448	,484	,622	,572	,701	— 79	—129
135. Le Châtelard	8 »	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Thônes...............	9 »	6.17,6	45.54,0	586	,468	,648	,582	,710	— 62	—128
Col des Aravis........	9 »	6.28,0	45.52,4	1488	,293	,751	,584	,708	+ 43	—124
Mégève...............	9 »	6.35,9	45.50,8	1039	,370	,691	,573	,706	— 15	—133
Bellevue..............	11 »	6.47,8	45.52,2	1809	,199	,758	,553	,708	+ 50	—155
140. Chamonix............	12 »	6.52,5	45.55,9	1040	,331	,652	,534	,713	— 61	—179
Cluses................	13 »	6.37,0	46. 2,5	500	,486	,640	,584	,723	— 83	—139
Fond de Vongy.......	13 »	6.27,5	46. 4,1	454	,517	,657	,606	,726	— 69	—120
La Roche-sur-Foron...	13 »	6.17,4	46. 4,4	620	,503	,694	,624	,726	— 32	—102
Cercier...............	13 »	6. 2,7	46. 1,5	562	,527	,700	,636	,722	— 22	— 86
145. Vanzy................	14 »	5.53,1	46. 2,9	446	,564	,701	,651	,724	— 23	— 73
Tacon................	14 »	5.46,4	46. 9,9	432	,580	,713	,664	,734	— 21	— 70
Montréal.............	14 »	5.34,0	46.10,8	486	,596	,745	,691	,736	+ 9	— 45
Serrières.............	15 »	5.27,0	46. 9,0	271	,644	,728	,697	,733	— 5	— 36
Neuville-les-Dames....	15 »	5. 2,0	46.10,0	232	,649	,721	,694	,735	— 14	— 41
150. Villeneuve...........	15 »	4.50,5	46. 1,6	270	,641	,725	,694	,722	+ 3	— 28
Le Châtelard	16 »	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lancin	18 »	5.24,5	45.43,3	250	,588	,634	,637	,695	— 61	— 58
Faverges.............	18 »	5.32,1	45.35,5	380	,523	,640	,597	,683	— 43	— 85
Pevrin	18 »	5.24,7	45.34,0	306	,553	,647	,613	,680	— 33	— 67
155. Le Châtelard	19 »	–	–	–	,618	–	–	–	–	–

M. P. **de Peyerimhoff** fait hommage à l'Académie de la *Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie*, établie par le Service cartographique et le Service des forêts, pour laquelle il a écrit une intéressante *Notice*.

ÉLECTIONS.

Le nombre des Membres titulaires présents à la séance étant supérieure aux deux tiers des Membres vivants, l'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection du Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques en remplacement de M. *Émile Picard* décédé.

Le nombre de votants étant 39,

M. Louis de Broglie obtient	22 suffrages
M. Élie Cartan »	15 »

Il y a 2 bulletins blancs.

M. **Louis de Broglie**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de Candidats à la Chaire de Chimie organique du Collège de France, pour la première ligne M. *Charles Dufraisse* obtient 31 suffrages contre 1 à M. *Henri Moureu*; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne M. *Henri Moureu* obtient 35 suffrages; il y a 3 bulletins nuls.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne............	M. **Charles Dufraisse**.
En seconde ligne............	M. **Henri Moureu**.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physique générale et expérimentale du Collège de France, pour la première ligne M. *Maurice de Broglie* obtient 40 suffrages; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne M. *René Lucas* obtient 33 suffrages; il y a 4 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne........... M. **Maurice de Broglie**.
En seconde ligne............ M. **René Lucas**.

CORRESPONDANCE.

Mlle **Odette Tuzet**, MM. **Lucien Berland**, **Albert Bouzoud**, **Léon Capdecomme**, **Jean Laval**, **Pierre Marie**, **Henri Velu**, **Marcel Véron** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **Charles Pérez**, **Lucien Berland**, **Lucien Chopard**, **Lucien Hartmann**, **Jacques Millot** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un procédé de résolution, dans le plan, du problème aux limites linéaires le plus général relatif aux équations intégrodifférentielles du type elliptique*. Note (1) de M. **Maurice Gevrey**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous avons traité récemment le *problème de la dérivée oblique* par l'emploi d'une *quasi-fonction de Green* (2). Une seconde méthode va nous permettre des hypothèses un peu plus générales. Soient Ω un domaine plan borné et ouvert, dont la frontière C est une courbe simple fermée admettant un champ de normales intérieures höldérien, $P(x_1, x_2)$ un point de Ω, $a_{ij}(i, j = 1, 2)$ des fonctions de P, höldériennes dans $\Omega + C$ et de déterminant *un*, A_{ij} le mineur de a_{ij}, enfin b_i, c, f des coefficients continus en P. L'inconnue u vérifie dans Ω l'équation

$$F_P u \equiv \mathcal{E} u + \Sigma b_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu + \int_\Omega H_P^\Pi u_\Pi \, d\omega_\Pi + \int_C K_P^M u_M \, ds_M = f$$

(1) Séance du 26 janvier 1942.

(2) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 635. La quasi-fonction de Green proprement dite s'obtient en ajoutant à la fonction V_P^Π (et non V_P^M), p. 636, un terme régulier ayant même dérivée oblique que $\nu_1 \tau$: elle peut être utilisée ainsi dans notre méthode. Même page, ligne 9 en remontant, remplacer *dérivable* par *höldérien*.

et, en tout point M de C, la condition (avec $h_1^2 + h_2^2 \neq 0$)

$$\Sigma h_i(\mathrm{M})\frac{\partial u}{\partial x_i} + k_1(\mathrm{M})u = \mathrm{L}_1(\mathrm{M}) \qquad [h_1,\ h_2 \text{ höldériens};\ k_1,\ \mathrm{L}_1 \text{ continus}].$$

$\mathcal{E}$ est un *opérateur généralisant* $\Sigma a_{ij}\partial^2/\partial x_i \partial x_j$; $\mathrm{H}_{\mathrm{P}}^{\Pi} u_{\Pi}$, $\mathrm{K}_{\mathrm{P}}^{\mathrm{M}} u_{\mathrm{M}}$ sont, comme dans la Note précédente, des fonctions linéaires de u et de ses dérivées respectives en Π et M. Ici toutefois, *nous prendrons la condition sur* C *au sens limite*, sans supposer l'existence de grad u sur C : aussi nous réduirons $\mathrm{K}_{\mathrm{P}}^{\mathrm{M}} u_{\mathrm{M}}$ au terme en u (³). Les coefficients de H et K, continus en P et Π dans Ω ou en M sur C, sauf peut-être pour $r = 0$ (r désignant PΠ ou PM), peuvent valoir respectivement $\mathrm{O}(d^{\beta-1}\delta^{-\beta'} r^{\mu'-2})$ et $\mathrm{O}(d^{\beta-1} r^{-\mu-1})$, d et δ étant les distances de P et Π à C, avec $0 \leqq \mu < \beta$, $\beta' < 1$, $\mu' > \beta' - \beta$. Enfin b_i, c, f peuvent valoir $\mathrm{O}(d^{\beta-1})$.

Sur C, h_i, k, L sont uniformes, ou se reproduisent, après parcours de C, multipliés par une même fonction de M. La condition sur C peut alors s'écrire

$$\frac{\partial u}{\partial l} + ku = \mathrm{L} \quad \text{avec} \quad \frac{\partial}{\partial l} = \frac{1}{\sqrt{\Sigma a_{ij}\alpha_i\alpha_j}}\left(\cos\psi\frac{\partial}{\partial \mathrm{N}} + \sin\psi\frac{\partial}{\partial t}\right), \quad \frac{k_1}{k} = \frac{\mathrm{L}_1}{\mathrm{L}} = \sqrt{\Sigma \mathrm{A}_{ij} h_i h_j},$$

α_1, α_2 étant les cosinus directeurs de la normale intérieure et $\partial/\partial\mathrm{N}$, $\partial/\partial t$ les dérivées *conormale* et tangentielle. Après parcours de C, $\cos\psi$, $\sin\psi$, k et L reprennent les mêmes valeurs ou des valeurs symétriques.

Posons alors (avec $a_{12} = a_{21}$)

$$\mathfrak{I}_{\mathrm{P}}^{\Pi} = -\frac{1}{2}\mathcal{L}\Sigma \mathrm{A}_{ij}(x_i - \xi_i)(x_j - \xi_j), \qquad \theta_{\mathrm{P}}^{\mathrm{M}} = \operatorname{arc\,tang}[-a_{12}(\mathrm{M}) + m a_{11}(\mathrm{M})],$$

ξ_1, ξ_2 étant les coordonnées de Π et m la pente de MP. Nous déterminerons ainsi θ : quand MP devient la tangente positive Mt, θ a la valeur obtenue par continuité en partant, dans le sens positif, d'un point fixe M_0 de C; quand P est dans Ω, θ a la valeur qui se confond avec la précédente lorsque MP $\to 0$ suivant la direction Mt.

Cela étant, nous formerons, par la méthode de E.-E. Levi, la *solution élémentaire* $\mathcal{V}_{\mathrm{P}}^{\Pi}$ de $\mathrm{F}_{\mathrm{P}} = 0$; puis nous poserons, Q étant le point courant de C,

$$u = \frac{1}{2\pi}\int_{\Omega} \mathcal{V}_{\mathrm{P}}^{\Pi}\varphi_{\Pi}\, d\omega_{\Pi} + \frac{1}{\pi}\int_{\mathrm{C}} \mathcal{U}_{\mathrm{P}}^{\mathrm{Q}}\zeta_{\mathrm{Q}}\, ds_{\mathrm{Q}} \quad \text{avec} \quad \mathcal{U}_{\mathrm{P}}^{\mathrm{Q}} = \mathfrak{I}_{\mathrm{P}}^{\mathrm{Q}}\cos\psi_{\mathrm{Q}} + \theta_{\mathrm{P}}^{\mathrm{Q}}\sin\psi_{\mathrm{Q}}.$$

(³) Sinon, on supposerait k_1 et L_1 höldériens et non simplement *continus*.

Écrivant que u vérifie les deux relations imposées dans Ω et sur C, on trouve (les intégrales ayant un sens)

$$\varphi_P = \frac{1}{\pi}\int_C F_P \mathcal{U}_P^Q \zeta_Q \, ds_Q - f_P,$$

$$\zeta_M = \frac{1}{2\pi}\int_\Omega \left(\frac{\partial \mathcal{V}_M^\Pi}{\partial l_M} + k_M \mathcal{V}_M^\Pi\right)\varphi_\Pi \, d\omega_\Pi + \frac{1}{\pi}\int_C \left(\frac{\partial \mathcal{U}_M^Q}{\partial l_M} + k_M \mathcal{U}_M^Q\right)\zeta_Q \, ds_Q - L_M,$$

L'élimination de φ donne *une équation de Fredholm* où l'inconnue est ζ et le domaine C, et dont le noyau vaut $O(MQ^{\beta_1-1})$, cas classique ([4]). ζ connu, φ s'en déduit, puis u. Nous n'aborderons pas ici la discussion du problème ([5]).

On peut opérer autrement : soit v_P^Π telle que $F_P(\mathfrak{S}_P^\Pi + v_P^\Pi)/2\pi$ ait une résolvante R_P^Π dans Ω (en général $v \equiv 0$). Remplaçant, dans l'expression de u, $\mathcal{V}$ par $\mathfrak{S} + v$, on aboutit à la formule

$$\varphi_P = \frac{1}{\pi}\int_C F_P \mathcal{U}_P^Q \zeta_Q \, ds_Q - f_P + \int_\Omega R_P^\Pi \left(\frac{1}{\pi}\int_C F_\Pi \mathcal{U}_\Pi^Q \zeta_Q \, ds_Q - f_\Pi\right) d\omega_\Pi,$$

d'où se déduit, comme ci-dessus, une équation intégrale en ζ.

Ce dernier procédé s'étend à un *système de n équations intégro-différentielles* à n inconnues $u_1, \ldots, u_n$

$$\mathcal{E}^p u_p + \Sigma_{iq} b_{iq}^p \frac{\partial u_q}{\partial x_i} + \Sigma_q c_q^p u_q + \int_\Omega \Sigma_q (H_q^p)_P^\Pi [u_q \, d\omega]_\Pi + \int_C \Sigma_q (K_q^p)_P^M [u_q \, ds]_M = f^p,$$

avec $p, q = 1, \ldots, n$ et $i, j = 1, 2$, $\mathcal{E}^p$ étant relatif à des coefficients a_{ij}^p et les conditions aux limites étant n relations, dont la $p^{\text{ième}}$ *contient linéairement les dérivées premières de* u_p, *ainsi que* $u_1, \ldots, u_n$. On exprimera u_p, comme ci-dessus u, à l'aide de φ_p et ζ_p, et les φ_p seront les n déterminations d'une fonction φ s'exprimant au moyen d'une résolvante à n^2 déterminations. On en déduira un système de n équations de Fredholm en $\zeta_1, \ldots, \zeta_n$ *se ramenant à une seule* par un procédé analogue.

La méthode s'étend au cas d'un domaine multiplement connexe, avec des conditions plus larges que celles de Hölder.

([4]) On peut même supposer $h_1^2 + h_2^2$ nul en des points A, si

$$(h_1^2 + h_2^2)^{-1} = O(AM^{-2\gamma}) \qquad \text{avec } 0 < \gamma < \beta_1 < 1.$$

([5]) Voir, dans le cas des fonctions harmoniques, les Mémoires de M. Liénard, (*J. Éc. Poly.*, **144**, 1938, p. 35; **145**, 1939, p. 55).

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur les surfaces caractéristiques des soupapes d'admission.* Note [1] de MM. **Jean Villey** et **Raymond Jamin**, présentée par M. Henri Villat.

On peut étudier *a priori* le problème du remplissage d'un cylindre de moteur si l'on a procédé à l'étude expérimentale des débits d'air D (en masse) qui traversent la soupape d'admission, en fonction de sa levée h et de la dépression p qui règne dans le cylindre. On admettra pour cela l'approximation classique, d'ailleurs très voisine de la réalité, qui assimile le débit instantané en régime variable au débit permanent, expérimentalement mesurable, obtenu sous une dépression égale à la valeur actuelle de p.

Les débits permanents, très réguliers et de valeurs élevées, qui sont nécessaires pour ces étalonnages, peuvent être réalisés et mesurés au moyen d'une installation à succion sonique utilisant, avec des dimensions très réduites, le procédé dont a été envisagée [2] l'application aux souffleries aérodynamiques.

Nous envisagerons seulement ici le problème relativement simple du cylindre unique, avec son dispositif d'admission exclusif qui peut comporter, en amont de la soupape, une tuyauterie d'admission, mais supposée immuable (si elle comporte un réglage, par exemple un papillon d'accélérateur, nous considérerons une position bien déterminée de celui-ci).

Alors, *pour un état donné* (P_0, T_0) *de l'air atmosphérique extérieur*, le débit D est une fonction déterminée des deux variables h et p. Il peut être défini par une *surface caractéristique* $D(p, h)$, représentée par le réseau de ses courbes $h=$ const. projetées sur le plan de coordonnées (D, p) [3].

A un autre état (P'_0, T'_0) de l'air d'amont correspondra une autre surface caractéristique. Il y a donc une double infinité de surfaces caractéristiques [c'est-à-dire aussi de réseaux de courbes $D(p)$ à levée constante] correspondant aux variations des deux paramètres P_0 et T_0. Toutefois il

---

(1) Séance du 26 janvier 1942.

(2) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 873 et 889.

(3) Le départ est parabolique ($D^2 = ap$), et l'on arrive, pour des valeurs suffisamment élevées de p, et si la section sonique reste géométriquement invariable, au débit sonique constant ($D =$ const.).

suffit de déterminer l'une d'entre elles, car on peut en déduire *a priori* toutes les autres.

Les considérations d'homogénéité, qui sont d'un emploi si fécond en mécanique des fluides, conduisent très facilement à ce résultat.

Le dispositif d'admission est défini par des caractéristiques de forme (k', k'', ...), de dimensions zéro, et par une certaine dimension linéaire l qui le situe dans la famille des dispositifs géométriquement semblables au modèle. L'état de l'air d'amont, qui alimente l'écoulement, est caractérisé par sa pression P_0 et sa masse spécifique ρ_0 [4]. Quant au milieu aval, il intervient par sa pression P_2 qui règle la résistance opposée par lui à l'écoulement [5]; comme il y a déjà une autre pression en cause, celle-ci sera définie par son rapport à la première $k = P_2/P_0$ (dimension zéro).

La loi générale qui définit le débit D en fonction de ces diverses variables est donc de la forme [6] $F(D, P_0, \rho_0, l; k, k', k'', \ldots) = 0$, et, si l'on sait former, avec D et toutes les autres variables P_0, ρ_0, l, de dimensions non nulles, une combinaison A, invariante par rapport aux unités fondamentales, on peut remplacer D en fonction de A et des autres variables dans cette équation, qui s'écrit alors

$$f(A, P_0, \rho_0, l, k, k', k'', \ldots) = 0.$$

Comme les grandeurs A, k, k', k'', ... sont seules invariantes par rapport aux unités fondamentales, cette loi se réduit nécessairement à la forme $A = \varphi(k, k', k'', \ldots)$.

La combinaison A de dimensions zéro par rapport aux unités fondamentales est facile à former et l'on trouve $A = D . P_0^{-\frac{1}{2}} \rho_0^{-\frac{1}{2}} l^{-2}$. La loi cherchée est donc de la forme $D = P_0^{\frac{1}{2}} \rho_0^{\frac{1}{2}} . l^2 . \varphi(k, k', k'', \ldots)$.

Si nous considérons un dispositif d'admission déterminé, l, k', k'', ... deviennent des constantes, et il reste, en revenant à T_0 par $\rho_0 = (1/R)(P_0/T_0)$, $D = \psi(k) . (P_0/\sqrt{T_0})$ [7].

---

[4] Plus claire que T_0 au point de vue dimensionnel.

[5] La température T_2 n'intervient que dans des échanges ultérieurs de chaleur, qui n'influent plus sur le débit.

[6] Nous utilisons ici le mode de raisonnement correct dû à Émile Picard (*Bull. des Sc. mathém.*, **61**, 1937, p. 41).

[7] Ce résultat particulier est conforme aux conclusions générales tirées par l'un de nous de la considération des rapports de pression dans la comparaison des écoulements aérodynamiques. Cf. Jamin, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 473.

Nous pouvons donc écrire, pour comparer les débits obtenus avec deux états d'amont différents, $D'/D = (P'_0/P_0).\sqrt{(T_0/T'_0)}$, *à condition que la valeur de k soit la même dans les deux expériences* ([8]), ce qui entraîne, pour la dépression $p = P_0 - P_2$, la condition $p'/p = P'_0/P_0$. Ces deux équations simultanées permettent de déduire, de chaque point (D, p, h_1) appartenant à la surface caractéristique (P_0, T_0), un point correspondant (D', p', h_1) de la surface caractéristique (P'_0, T'_0).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Le spectre de Mira Ceti dans le violet et le proche ultraviolet.* Note ([1]) de M. **Henri Grouiller**, transmise par M. Charles Fabry.

1. En vue de contribuer à préciser la composition, assez peu connue dans le détail, des spectres des étoiles du type Me, dont Mira Ceti est le prototype, nous utilisons trois spectrogrammes de cette dernière obtenus par R. Tremblot avec son spectrographe ([2]) à quatre prismes d'uviol monté sur le télescope Couder de Forcalquier. En raison de la faible intensité relative de ces spectres dans le violet et le proche ultraviolet, cette région n'a été que peu observée, et l'optique utilisée est spécialement favorable à ce point de vue. Cette étude présente, d'autre part, un grand intérêt parce que, chez ces étoiles, la région des plus courtes longueurs d'onde est la seule où les raies atomiques sont bien dégagées des bandes moléculaires d'absorption intenses qui prédominent à partir de 4300 Å.

Dans l'instrument utilisé, le spectre est limité à l'intervalle compris entre 3780 et 4450 Å. La dispersion moyenne est de 23 Å/mm dans la première moitié du spectre, jusqu'à 4100 Å, et de 32 Å/mm dans la seconde. Ces spectrogrammes ont été obtenus les 25 et 30 décembre 1936 et le 1er janvier 1937, soit 42, 47 et 49 jours après le maximum d'éclat qui s'était produit vers le 13 novembre 1936. Ces dates sont très voisines de l'époque du maximum de différence de vitesse radiale des raies d'absorption et d'émission, les deux types de raies étaient donc aussi largement

---

([8]) Cette restriction disparaît lorsque l'apparition d'une section supersonique, en un endroit quelconque de l'écoulement, supprime toute influence du milieu aval en amont de cette section.

([1]) Séance du 29 décembre 1941.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1977.

séparés que possible par l'effet Fizeau-Döppler, circonstance très propice à leur étude particulière.

2. Le dépouillement des spectrogrammes fut effectué à l'aide du microphotomètre enregistreur de Moll de l'Observatoire de Lyon.

En vue de fixer la précision des mesures, on a comparé des déterminations de distances de raies, obtenues simultanément à l'aide du microphotomètre d'une part, et aussi par des mesures directes, sur les clichés, avec un comparateur. On trouve ainsi, pour les valeurs de l'écart type d'une détermination individuelle, $\pm 1^{\mu},7$ au microphotomètre et $\pm 2^{\mu},5$ au comparateur. Les mesures linéaires sont donc aussi précises, sinon plus, dans le premier cas que dans le second, et il en est de même pour les longueurs d'onde. Il résulte de la discussion de ces mesures que l'on peut, en définitive, admettre les valeurs suivantes des erreurs probables des longueurs d'onde moyennes déterminées à partir des trois clichés :

$$\lambda < 4100\,\text{Å} \ldots \pm 0{,}03\,\text{Å}; \qquad \lambda > 4100\,\text{Å} \ldots \pm 0{,}05\,\text{Å}.$$

Il ne peut, en somme, subsister d'appréhension à remplacer les mesures au comparateur par celles faites par l'intermédiaire du microphotomètre : la précision est du même ordre de grandeur dans les deux cas. Ce dernier instrument étant, par contre, avec un réglage convenable de sa sensibilité, beaucoup plus sensible aux faibles contrastes, il jouit d'une finesse d'analyse supérieure à celle de l'œil.

3. En ne conservant que les raies mesurées simultanément sur les trois clichés, la marche admise pour les coïncidences étant fixée par l'accord interne des mesures du spectre de comparaison du fer, on s'est trouvé conduit à retenir 497 raies, dont 134 en émission seulement, 149 en absorption et, fait très important sur lequel nous reviendrons ultérieurement, 107 se présentant en même temps en émission et en absorption.

L'identification des raies a été effectuée surtout sur la base des données de la Table de Rowland revisée ([3]) du spectre solaire. On a dressé ci-contre la liste des éléments qui, dans l'atmosphère de Mira Ceti et dans le domaine spectral couvert par ces clichés, ont donné naissance à des raies d'émission ou d'absorption.

([3]) *Papers of the Mount Wilson Observ.*, 3, 1928, pp. 1-238.

Liste des éléments observés dans le spectre atomique de Mira Ceti entre les longueurs d'onde 3780 Å *et* 4450 Å.

Numéro atomique.	Élément.	Nombre de raies observées.	Numéro atomique.	Élément.	Nombre de raies observées.
1.......	H I	6	26.......	Fe I	264
12.......	Mg I	6		Fe II	13
13.......	Al I	2	27.......	Co I	31
14.......	Si I	1	28.......	Ni I	18
20.......	Ca I	10		Ni II	1
	Ca II	2	39.......	Y I	4
21.......	Sc I	5		Y II	7
	Sc II	6	40.......	Zr I	27
22.......	Ti I	64		Zr II	14
	Ti II	13	56.......	Ba II	1
23.......	V I	89	57.......	La II	7
	V II	7	58.......	Ce II	21
24.......	Cr I	65	60.......	Nd II	9
25.......	Mn I	30			

En comparant cette liste à celle des éléments antérieurement observés dans les étoiles du type M par d'autres observateurs, on ne trouve que très peu de différence. Les éléments qui manquent à notre liste sont le sodium et le potassium neutres, le chrome ionisé, le strontium neutre et ionisé, et l'on y trouve, en plus, les atomes ionisés Ce II et Nd II.

Pour le sodium, l'absence s'explique par le fait que les raies importantes sont hors du domaine d'observation.

Deux raies importantes du potassium, de la liste de Russell ([4]) des raies ultimes et pénultimes, 4147,20 et 4044,14 Å, n'ont pas donné lieu à des coïncidences dignes d'être retenues. Ce fait se trouve en contradiction avec la remarque de Merrill ([5]), selon laquelle on noterait une intensification rapide de cette paire de raies vers la fin de la classe M.

L'absence du chrome ionisé est singulière. Celle du strontium neutre est normale, car il n'y a pas de raies ultimes ou pénultimes dans le domaine spectral couvert par les clichés de Mira. Celle du strontium ionisé est plus surprenante, car les raies 4215,52 et 4077,71 Å sont intenses au laboratoire et sur le Soleil. Merrill a cependant noté qu'elles ont des intensités largement différentes chez les étoiles de la classe M et qu'elles ont une forte tendance à devenir plus faibles de M3 à M8.

([4]) *Astrophysical Journal*, 61, 1925, p. 223.
([5]) *Astrophysical Journal*, 63, 1926, p. 13.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les oscillations électromagnétiques naturelles d'une cavité ellipsoïdale.* Note de M. **Marc Jouguet**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous avons indiqué (¹) une méthode générale pour déterminer les vibrations propres d'une cavité pratiquée dans un conducteur parfait et limitée par une surface de révolution. Pour des solutions présentant la symétrie de révolution, le problème se simplifie et se ramène à la détermination d'une seule fonction $U(x_1, x_2)$, vérifiant l'équation

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{e_2}{e_3 e_1}\frac{\partial U}{\partial x_1}\right)+\frac{\partial}{\partial x_2}\left(\frac{e_1}{e_2 e_3}\frac{\partial U}{\partial x_2}\right)+\frac{\omega^2}{c^2}\frac{e_1 e_2}{e_3}U=0, \tag{1}$$

et satisfaisant en outre à des conditions telles que : *a*. les composantes des champs soient continues dans toute la cavité; *b*. la composante tangentielle du champ électrique soit nulle à la surface limite ($x_1 = a$). On a deux types de solutions (unités e. m.) :

Type électrique. — Les composantes E_φ, H_1 et H_2 sont nulles :

$$E_1 = \frac{c^2}{\omega e_2 e_3}\frac{\partial U}{\partial x_2}\sin\omega t; \qquad E_2 = \frac{-c^2}{\omega e_3 e_1}\frac{\partial U}{\partial x_1}\sin\omega t; \qquad H_\varphi = \frac{U}{e_3}\cos\omega t.$$

Les lignes de force électrique sont dans les plans méridiens et ont pour équation $U = \text{const.}$; les conditions à la surface sont $\partial U/\partial x_1 = 0$ pour $x_1 = a$.

Type magnétique. — Les composantes H_φ, E_1 et E_2 sont nulles :

$$H_1 = \frac{1}{\omega e_2 e_3}\frac{\partial U}{\partial x_2}\cos\omega t; \qquad H_2 = \frac{-1}{\omega e_3 e_1}\frac{\partial U}{\partial x_1}\cos\omega t; \qquad E_\varphi = \frac{U}{e_3}\sin\omega t.$$

Les lignes de force magnétique sont dans les plans méridiens et ont pour équation $U = \text{const.}$; les conditions à la surface sont $U = 0$ pour $x_1 = a$.

Ellipsoïde allongé. — Les coordonnées x_1, x_2 et φ sont définies par

$$x = C\,\text{sh}\,x_1 \sin x_2 \cos\varphi; \qquad y = C\,\text{sh}\,x_1 \sin x_2 \sin\varphi; \qquad z = \text{ch}\,x_1 \cos x_2.$$

En posant $\lambda = \text{ch}\,x_1$, $\mu = \cos x_2$ et $k = C(\omega/c)$, on a

$$U = f_n(\lambda)\,g_n(\mu),$$

l'indice n pouvant prendre une valeur entière positive quelconque. Les

(¹) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 203.

fonctions $g_n(\mu)$ sont développables en séries entières qui ne contiennent que des termes de degrés pairs ou que des termes de degrés impairs, suivant que n est impair ou pair. Les coefficients du développement se calculent de proche en proche par la formule de récurrence

$$(2) \qquad (q+2)(q+1)a_{q+2} = [q(q-1) - h]a_q + k^2 a_{q-2}.$$

Les conditions de continuité exigent que g_n soit nulle pour $\mu = \pm 1$; la somme des coefficients du développement doit donc être nulle, ce qui donne une première relation entre les paramètres h et k qui figurent dans (2). Cette relation peut se mettre sous la forme

$$(3) \qquad h = n(n+1) + k^2 \frac{\int_{-1}^{+1} g_n(\mu, h, k)(1-\mu^2)^{-\frac{1}{2}} P_n^1(\mu)\mu^2\, d\mu}{\int_{-1}^{+1} g_n(\mu, h, k)(1-\mu^2)^{-\frac{1}{2}} P_n^1(\mu)\, d\mu},$$

où $P_n^1(\mu)$ désigne, suivant une notation classique, un polynome de Legendre. Par (3) h se calcule facilement de proche en proche en fonction de k, et par suite g_n ne dépend plus que de k.

La fonction f_n est

$$(4) \qquad f_n(\lambda) = (\lambda^2 - 1)\int_{-1}^{+1} {}^{\cos}_{\sin}(k\lambda u) g_n(u)\, du:$$

sous le signe somme figure cos ou sin, suivant que n est impair ou pair. Les conditions à la surface donnent $\partial f_n/\partial\lambda = 0$ (type électrique) ou $f_n(\lambda) = 0$ (type magnétique), ce qui détermine k et par suite les longueurs d'onde propres. A chaque valeur de n, et pour chacun des deux types, correspond une suite infinie de valeurs de k : $k_1, k_2, \ldots, k_p, \ldots$. Par suite, les solutions forment deux ensembles discrets doublement infinis : $E_{0,n,p}$ et $H_{0,n,p}$; l'indice 0 indique qu'il s'agit de régimes ayant la symétrie de révolution.

Ellipsoïde aplati. — Les solutions sont analogues. Dans les formules qui définissent x_1, x_2, φ, λ et μ, il faut remplacer $\operatorname{sh} x_1$ et $\sin x_2$ par $\operatorname{ch} x_1$ et $\cos x_2$, et vice versa. Dans les équations (2) et (3), k^2 doit être remplacé par $-k^2$, et dans (4) doit figurer en facteur $\lambda^2 + 1$ au lieu de $\lambda^2 - 1$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'ionisation des gaz dans les moteurs fonctionnant selon le cycle Beau de Rochas et selon le cycle Diesel.* Note [1] de M. **Rostislav Vichnievsky**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'on introduit dans la chambre d'explosion d'un moteur deux électrodes avec une différence de potentiel de 250 à 300 volts, on constate le passage d'un certain courant.

Nous avons enregistré ce phénomène dans un moteur à explosion au taux de compression 4,6, tournant à 900 t/min. Le diagramme du courant en fonction du temps (*fig.* 1) ne révèle aucun courant pendant la course

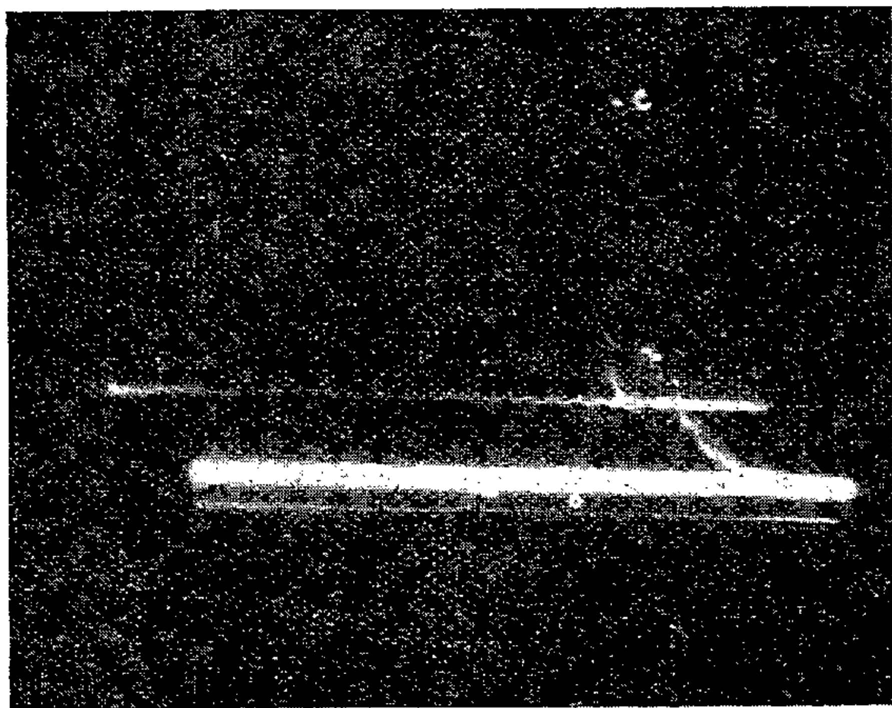


Fig. 1.

de compression du moteur. L'électrode exploratrice étant placée à l'extrémité opposée à la bougie d'allumage, il se passe un certain temps entre l'éclatement de l'étincelle d'allumage (point *a*) et le moment où la flamme atteint l'électrode exploratrice (*b*). Ce temps correspond à la durée de la propagation de la flamme suivant le plan diamétral du cylindre. Le courant d'ionisation croît rapidement; en $1,36.10^{-3}$ sec, il atteint son maximum (*c*) qui correspond à 12° après le point mort haut, l'allumage ayant lieu à 24° avant ce point mort. Puis le courant décroît en présentant des pulsations irrégulières de forte amplitude. La durée

(1) Séance du 29 décembre 1941.

pendant laquelle le courant a une valeur supérieure à celle qu'il possède au moment où la flamme arrive à l'électrode exploratrice est égale à 9.10^{-3}, soit 50° de rotation du vilebrequin du moteur.

Les enregistrements obtenus sur un moteur à combustion interne au taux de compression 16 tournant à la même vitesse montrent une évolution du courant tout à fait différente. Le moteur ayant atteint la température d'équilibre, on obtient des enregistrements analogues à ceux des figures 2 et 3. Les courbes se composent d'une partie ($a — b$) relative à la

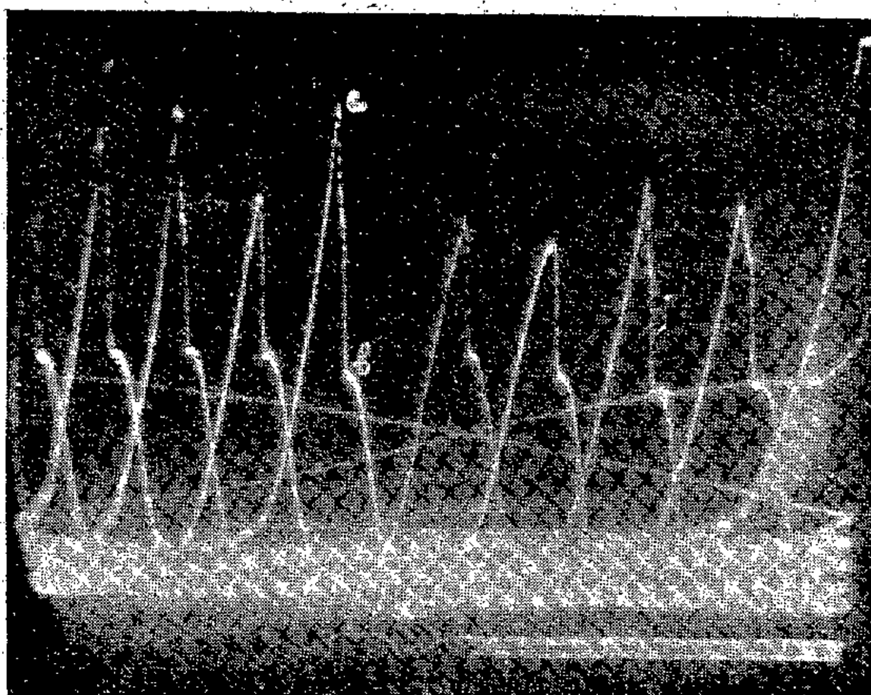


Fig. 2.

compression et d'une partie ($b — c$) relative à la combustion. Lorsqu'on arrête l'introduction du combustible, l'électrode exploratrice se refroidit progressivement et le courant, tout en accusant des variations correspondant à la compression et à la détente, devient de plus en plus faible. Notons que la température de l'électrode exploratrice dans un moteur à combustion est plus élevée que dans un moteur à explosion. L'injection du combustible ramène le courant à sa valeur primitive en deux ou trois cycles. Dans le cas du moteur à combustion, le courant enregistré pendant la combustion se compose vraisemblablement du courant d'ionisation et du courant provenant de l'émission électronique de l'électrode.

La durée du passage du courant depuis sa valeur au moment de l'inflammation jusqu'à sa valeur maximum est égale à $4,25.10^{-3}$ sec, soit 23° de rotation du vilebrequin. Le courant a une valeur supérieure à celle qu'il

a au moment de l'inflammation pendant un laps de temps égal à $1,3.10^{-2}$ sec, soit 72° de rotation du vilebrequin.

Dès l'inflammation, on constate des pulsations régulières du courant d'ionisation correspondant à une fréquence voisine de 5500 périodes par seconde (*fig.* 3). La présence de ces vibrations ne fait que confirmer

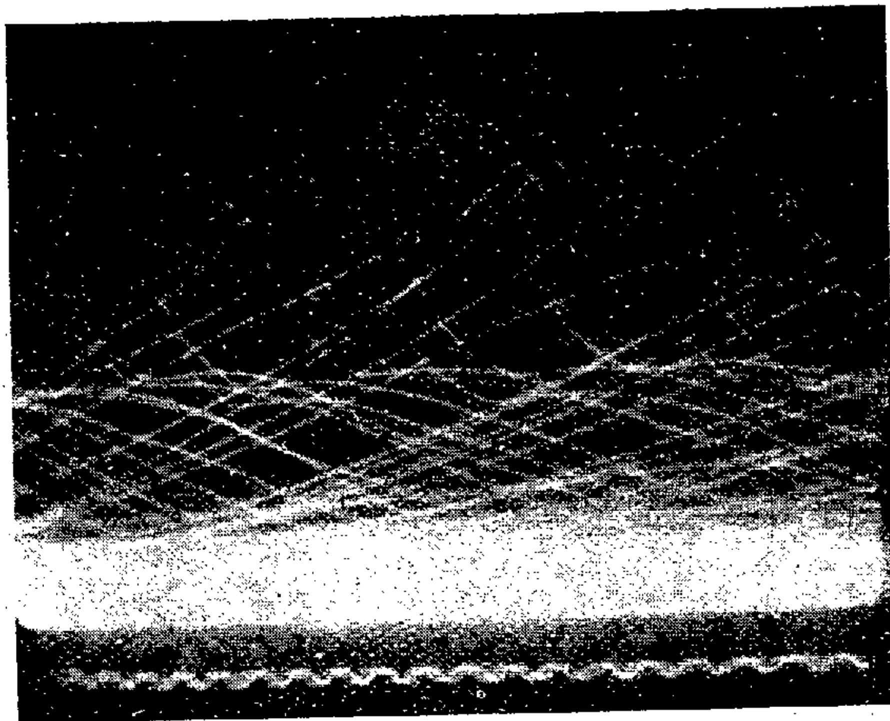


Fig. 3.

l'existence de phénomènes vibratoires au sein de la masse gazeuse qui, jusqu'ici, ont été révélés soit par les enregistrements de pression, au moyen de manographes sensibles, soit par les enregistrements des flammes.

Nos enregistrements effectués sur le moteur à combustion interne montrent qu'il est possible non seulement d'étudier les variations de courant au moment de la combustion, mais également au cours des autres périodes de l'évolution du mélange gazeux. Cette méthode pourrait permettre de déceler des variations de température très rapides au sein d'un moteur. Dans ce but nous nous proposons, pour un moteur à explosion, de porter artificiellement l'électrode exploratrice à la température correspondant au domaine de non-inflammabilité de l'essence. Le faible apport d'énergie nécessaire à l'échauffement de l'électrode exploratrice ne semble pas devoir modifier sensiblement l'ensemble du phénomène.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'influence de la température sur le spectre d'absorption de l'ozone dans les bandes de Huggins.* Note ([1]) de M. ÉTIENNE VASSY, transmise par M. Charles Fabry.

Cette étude a été reprise tout récemment par MM. Barbier et Chalonge ([2]). En l'absence de toute précision sur leur dispositif expérimental, il est impossible de comparer utilement leurs résultats avec les miens ([3]). On peut toutefois dès maintenant faire les remarques suivantes :

1° Pour les minima d'absorption, en portant sur un même graphique les droites que j'ai données page 699 (*loc. cit.*), prolongées du côté des températures supérieures à 0°C. par les résultats de la page 712, ainsi que les points expérimentaux de MM. Barbier et Chalonge correspondant (autant que j'ai pu l'apprécier sur la figure) aux températures d'environ — 95, — 50, — 30, + 65 et + 95°C., on constate que les points + 65 et + 95 se placent *exactement* sur mes courbes (excepté pour 3 longueurs d'onde); les points — 95 s'y placent aussi aux erreurs de mesure près; le désaccord porte donc uniquement sur les deux mesures à — 30 et — 50°C. ([4]). Or MM. Barbier et Chalonge ont le plus souvent évité de faire passer leurs courbes par le point — 30, le considérant sans doute comme une mauvaise mesure.

Je crois qu'il en est peut-être de même pour le point — 50°C.

2° Quant aux maxima d'absorption, au-dessus de la température ordinaire, on peut considérer l'accord entre mes mesures et les leurs comme acceptable, étant données les difficultés expérimentales dues à la décomposition thermique; quant aux basses températures, la remarque du paragraphe précédent s'impose encore pour les températures — 30 et — 50°C.

Ma conviction est fondée sur le fait que j'ai opéré non pour *trois*, mais pour *six* températures au-dessous de 18°, ce qui permet de mieux assurer la loi de variation du coefficient en fonction de la température. Ces tempé-

---

([1]) Séance du 5 janvier 1942.

([2]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 650.

([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1426 et **203**, 1936, p. 1363; *Ann. de Phys.*, **8**, 1937, p. 679.

([4]) J'ai éliminé la température de + 135°C. pour laquelle MM. Barbier et Chalonge ont fait quelques réserves et que je n'ai pas atteinte dans mes mesures; le point à 18°C nous est naturellement commun, puisque ce sont les mesures de Ny et Choong.

ratures étaient mesurées au moyen d'un thermomètre placé à l'intérieur du cryostat à air liquide contenant la cuve.

L'intérêt de ces mesures réside dans leur application à la détermination de la température moyenne de l'ozone atmosphérique. MM. Barbier et Chalonge avaient annoncé ([5]) des températures trop basses, qu'ils justifiaient de la façon suivante : « il est difficile à l'heure actuelle de préciser s'il s'agit d'une différence réelle entre la température diurne et la température nocturne, ou bien d'une erreur systématique dans les déterminations diurnes analogue à celle signalée plus haut (emploi de la méthode de Bouguer) ». Je ne reviendrai pas sur ces températures car j'ai montré à cette époque le caractère erroné à la fois du résultat et des deux justifications invoquées ([6]); d'ailleurs, elles ont été également critiquées par Penndorf ([7]).

Or MM. Barbier et Chalonge reconnaissent maintenant que leurs températures ainsi trouvées ne sont pas sensiblement modifiées par l'emploi de leurs nouveaux résultats, mais que l'explication s'en trouve bien plutôt dans la qualité insuffisante de leurs spectres, se trouvant en cela d'accord avec moi ([8]).

Pour terminer, MM. Barbier et Chalonge pensent que l'emploi d'un spectrographe à fente de grande dispersion est nécessaire pour évaluer quantitativement la température moyenne de l'ozone atmosphérique; or des mesures effectuées avec Mme Vassy ([9]) au cours d'une même période, en employant la journée un spectrographe à fente de dispersion 28 Å au millimètre pour 3200 Å, ont donné des températures qui s'accordent bien avec celles obtenues au moyen d'un spectrographe à prisme-objectif utilisé pendant la nuit.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur les bandes de Goldstein-Kaplan de l'azote.* Note ([1]) de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous nous sommes proposé d'étudier le spectre de l'effluve dans l'air. L'effluve était produit entre deux lames de verre distantes de quelques

([5]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1238.
([6]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1518.
([7]) *Meteorologische Zeits.*, 57, 1940, p. 418.
([8]) *Journ. de Physique*, 10, 1939, p. 366.
([9]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1232; *La Météorologie*, 1939, p. 3.

([1]) Séance du 26 janvier 1942.

millimètres. La tension appliquée était fournie par une bobine d'induction alimentée en courant alternatif à travers un interrupteur à mercure. Nous avons observé, dans ces conditions, un certain nombre de bandes dégradées vers le rouge et situées entre 2750 Å et 3200 Å dont on trouvera les longueurs d'onde dans le tableau ci-après. Nous avons retrouvé plusieurs de ces bandes dans l'azote pur excité sous faible pression et faible densité de courant, accompagnées d'ailleurs des bandes de Végard-Kaplan les plus fortes (0,5), (0,6) et des bandes de Van der Ziel. Ces bandes paraissent donc bien être dues à l'azote. Or, dans certaines conditions d'excitation de l'azote très pur, on observe, simultanément et dans la même région, le deuxième groupe positif et un système de bandes dégradées vers le rouge. Ce système, signalé pour la première fois par Goldstein, a été interprété par Kaplan comme résultant de la transition d'un niveau électronique supérieur G, non identifié, situé à 12,05 volts, au niveau inférieur $B^3\pi_g$, également niveau inférieur du deuxième groupe positif. Ces bandes subissent d'ailleurs des variations d'intensité avec la température. A basse température, le système de Goldstein est bien développé, tandis qu'aux températures moyennes, le deuxième groupe positif, nettement prépondérant, le recouvre en partie.

Dans la région spectrale où nous observons les bandes dégradées vers le rouge, Hamada a observé les bandes 3025,8 Å et 3178,4 Å du système de Goldstein. Ces nombres sont voisins de ceux trouvés par nous, ce qui amènerait à penser qu'il s'agit du même système, mais les bandes sont déplacées vers le rouge par rapport aux nôtres. Ce déplacement pourrait s'expliquer par le faible développement des raies de rotation à basse température. On aurait alors, comme c'est le cas pour les bandes de CN, des bandes sans tête. Les longueurs d'onde de Hamada seraient plus voisines de la raie zéro que les longueurs d'onde fournies par les arêtes à température plus élevée. Toutefois, ces écarts paraissent relativement grands, et le décalage dû à la température ne suffirait pas à les expliquer. En partant des différences de nombres d'onde correspondant aux différents niveaux de l'état $B^3\pi_g$ admis comme niveau inférieur, nous avons été amenés à changer le numérotage des niveaux de vibration de l'état inférieur, ce qui entraîne un désaccord avec l'interprétation de Kaplan et Hamada. Il est possible que l'on ait, en réalité, deux systèmes ayant le niveau inférieur commun $B^3\pi_g$, mais provenant de niveaux supérieurs voisins. Le niveau supérieur, calculé à partir de nos nombres, que nous appellerons Y, serait à 11,9 volts environ. La valeur de $\omega_e\chi_e$ correspondante est relativement grande, ce qui

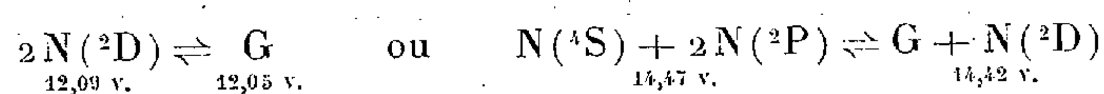
indique une faible énergie de dissociation. Nous avons représenté dans le tableau ci-dessous, en admettant cette hypothèse, un essai de classification des bandes observées par nous.

Y. \ B	0.	1.	2.	3.	4.
0	–	2840,3	(2981,5)	–	–
1	–	2745,9	2878,0	3020,9	3175,3
2	–	–	2796,2	2931,0	3076,2

Ce niveau Y paraît correspondre à un terme $^1\pi_u$. Suivant le calcul de Recknagel ([2]), c'est le seul terme qui reste à choisir entre 10 et 12 volts, mais alors la transition observée serait interdite, ce qui expliquerait la faible intensité de ces bandes dans l'effluve.

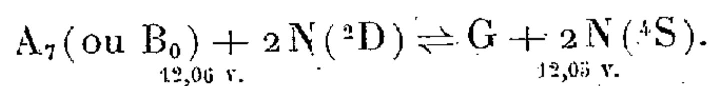
Ce niveau Y peut perturber le niveau $C\,^3\pi_u$ du deuxième groupe positif. On sait, en effet, que les bandes de ce groupe s'arrêtent à $v' = 4$. A ce niveau, la molécule subit une prédissociation. La relation de Coster, Brons et Van der Ziel ([3]) représentant l'énergie de vibration du niveau supérieur ne peut être valable pour $v' > 4$. En effet, le maximum de la courbe qui représente $E_{v'}$ en fonction de v' est très inférieur à 2,29 volts (énergie de dissociation du niveau $C\,^3\pi_u$). Cet abaissement de la courbe est dû à un abaissement sensible du niveau $v' = 4$. Si l'on ne tient pas compte de ce niveau et si l'on extrapole la courbe $E_{v'}/v'$ à partir des valeurs inférieures de v', on obtient, pour $v' = 5$, des transitions qui coïncident sensiblement avec les longueurs d'onde obtenues dans l'azote pur et l'effluve dans l'air pour $Y_{v'} = 2$.

Kaplan a expliqué l'excitation du niveau G relatif aux bandes de Goldstein par des chocs entre deux molécules A_0 suivant le schéma $\underset{12{,}28\text{ v.}}{A_0 + A_0} \rightleftharpoons \underset{12{,}05\text{ v.}}{G}$. Nous avons montré ([4]) que d'autres processus sont possibles avec une résonance meilleure. Ainsi on peut envisager un processus purement atomique, comme



$$\underset{12{,}09\text{ v.}}{2N(^2D)} \rightleftharpoons \underset{12{,}05\text{ v.}}{G} \qquad \text{ou} \qquad \underset{14{,}47\text{ v.}}{N(^4S) + 2N(^2P)} \rightleftharpoons \underset{14{,}42\text{ v.}}{G + N(^2D)}$$

ou un processus mixte, moléculaire et atomique, comme



$$\underset{12{,}06\text{ v.}}{A_7(\text{ou } B_0) + 2N(^2D)} \rightleftharpoons \underset{12{,}05\text{ v.}}{G + 2N(^4S)}.$$

([2]) *Zeitschr. f. Physik*, **87**, 1934, p. 390.
([3]) *Zeitschr. f. Physik*, **84**, 1933, p. 304.
([4]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 120.

En faveur de cette dernière réaction, on peut remarquer que, dans l'azote actif, le niveau $v' = 11$ du premier groupe positif est fortement exalté. Les bandes (11, 7), (11, 8), (11, 9) sont émises en accord avec le principe de Franck-Condon, et l'on a beaucoup de molécules aux niveaux $A_{7,8,9}$. On peut aussi envisager la réaction $A_0 + N(^2P) + N(^2D) \rightleftharpoons G + A_7$ qui fait intervenir les deux états métastables de l'atome d'azote.

L'intervention des atomes et des molécules métastables d'azote explique l'existence simultanée des bandes α de l'azote actif, des bandes de Végard-Kaplan, des bandes de Goldstein et de raies interdites.

RAYONS X. — *Sur la radiographie par réflexion*. Note de MM. **André Guinier** et **Jean Devaux**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons étudié l'action des rayons X sur une couche sensible photographique placée au contact de la surface d'un solide. Depuis longtemps on a songé à utiliser les rayonnements diffusés par un écran placé derrière une pellicule pour renforcer l'impression produite par les rayons directs. J.-J. Trillat [1], utilisant des rayons X de très courte longueur d'onde, a montré que les détails de structure d'une surface étaient reproduits sur la pellicule photographique appliquée sur celle-ci, par l'intermédiaire des photoélectrons, émis en nombre variable et avec une énergie variable par les différents éléments. Dans ce même but, obtenir des images par réflexion, nous avons utilisé des rayons X de grande longueur d'onde; le mécanisme du phénomène et les résultats sont alors différents.

Une pellicule photographique, dont une partie est appliquée contre un échantillon plan d'une substance de poids atomique moyen, en fer par exemple, est exposée à un rayonnement X de longueur d'onde définie (rayonnement émis par des anticathodes variées, monochromatisé par réflexion sur un cristal ou simplement filtré). Nous avons étudié, en fonction de la longueur d'onde du rayonnement incident, le contraste entre les deux plages de la pellicule, l'une ne recevant que les rayons primaires, l'autre recevant, en outre, les rayonnements diffusés par le support. Tant que la longueur d'onde des rayons primaires λ est supérieure à la longueur d'onde de la discontinuité d'absorption K du fer (λ_K 1,74 Å),

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 833; 214, 1942, p. 164.

il n'y a pas de différence appréciable entre les deux plages; dès que λ est plus petit que λ_K, l'image de l'échantillon apparaît très nettement. Ce noircissement est dû au rayonnement de fluorescence du fer (raies K); nous l'avons montré en interposant des absorbants entre le fer et la pellicule (cellophane, aluminium) et en évaluant le coefficient d'absorption du rayonnement diffusé. Comme le rapport des intensités reçues par les deux plages est déterminé, il existe une exposition qui rend le contraste maximum; en particulier, une surexposition du cliché annule le contraste. Les émulsions à couche mince sont les plus avantageuses : le contraste, faible avec les films spéciaux pour rayons X, est plus grand avec des pellicules photographiques ordinaires; on obtient les résultats les meilleurs avec les papiers photographiques *contraste* et les films spéciaux *Microradio Kodak*. Pour le fer irradié par le rayonnement CuKα, la différence de densité atteint 0,3.

Avec un rayonnement incident de longueur d'onde plus courte (MoKα), on obtient sensiblement le même contraste. Mais, pour des longueurs d'onde encore plus courtes (rayonnement d'une anticathode de tungstène filtré par 1^{mm} de laiton : $\lambda_{moyen} \sim 0,25$ Å), le phénomène change : on obtient encore entre les deux plages un contraste du même ordre, mais l'interposition d'une feuille de cellophane de 2/100e de millimètre d'épaisseur le fait disparaître complètement; ce n'est donc plus le rayonnement K de fluorescence du fer qui agit, mais les photoélectrons. Enfin, d'après les résultats de Trillat, un rayonnement très pénétrant (de 100 à 200 kV) n'impressionne presque plus la pellicule photographique; seule, la partie au contact du support est impressionnée par les photoélectrons émis par la surface.

L'effet renforçateur du support sur la couche sensible est donc la somme de deux effets dont l'importance relative varie avec la longueur d'onde des rayons incidents. Considérons un élément de nombre atomique moyen : seul intervient le niveau d'absorption K (pour les éléments lourds, les autres niveaux interviennent et compliquent le phénomène). Pour une intensité donnée de rayonnement tombant sur la pellicule et son support, l'intensité du rayonnement K diffusé, nulle pour $\lambda > \lambda_K$, a sa valeur maximum pour $\lambda = \lambda_K$ et décroît avec λ. Le nombre de photoélectrons émis varie de la même manière, mais leur énergie, au contraire, est proportionnelle à $(1/\lambda) - (1/\lambda_K)$: leur action photographique, qui dépend de ces deux facteurs, est donc nulle pour les grandes longueurs d'onde, passe par un maximum et décroît pour les très courtes longueurs d'onde.

D'autre part, la sensibilité de la pellicule diminue avec la longueur d'onde. A l'aide de ces données, on peut expliquer que l'effet renforçateur du support commence pour la longueur d'onde λ_K; il est alors dû uniquement au rayonnement X de fluorescence; il reste à peu près constant pour les longueurs d'onde moyennes, puis devient plus grand pour les courtes longueurs d'onde; ce sont alors uniquement les électrons qui agissent sur l'émulsion. Enfin, on a effectivement constaté avec les rayons très pénétrants (au-dessus de 200 kV) et les rayons γ une diminution de l'effet des écrans métalliques renforçateurs (Seemann, *Journ. of applied Physics*, 1937).

Ce qui rend utile la radiographie par réflexion, c'est la différence d'action des divers éléments juxtaposés sur la surface étudiée; les résultats à cet égard, sont très variables avec la longueur d'onde du rayonnement incident. Considérons deux cas extrêmes simples; si la longueur d'onde est assez courte pour que les niveaux K de tous les éléments soient ionisés, le noircissement de la pellicule croît régulièrement avec le nombre atomique; avec une grande longueur d'onde, au contraire, seuls les éléments dont le niveau K est excité produisent un noircissement de la pellicule phothographique.

Ainsi, quoique l'effet renforçateur soit bien plus faible avec les radiations de grande longueur d'onde, le contraste maximum entre deux éléments de poids atomique voisin est réalisé en employant un rayonnement d'une longueur d'onde intercalée entre leurs discontinuités d'absorption.

L'emploi de longueurs d'onde variées étend donc les possibilités de la radiographie par réflexion; en outre on peut, dans certains cas, identifier les éléments de la surface d'un échantillon. En effet, en comparant les images obtenues successivement avec divers rayonnements, on arrive à déterminer la limite d'absorption de l'élément inconnu : c'est une méthode d'analyse particulièrement simple, qui nécessite seulement un tube à rayons X à anticathodes interchangeables, mais pas de spectrographe : elle s'adapte particulièrement aux métaux du chrome au zinc.

Notons enfin que l'utilisation pour la formation de l'image de rayons X de fluorescence et non d'électrons permet d'effectuer la radiographie par réflexion d'une surface masquée par une couche mince opaque à la lumière, comme certains vernis, pourvu que ceux-ci ne renferment pas d'éléments trop lourds.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des chlorobromométhanes par l'effet Raman*. Note de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Charles Fabry.

Les spectres des trois chlorobromométhanes ont été décrits par MM. Lecomte, Volkringer et Tchakirian ([1]). Nous avons voulu compléter cette étude en déterminant le facteur de dépolarisation des raies, afin de pouvoir suivre l'évolution de chaque fréquence quand on substitue progressivement le brome au chlore dans CCl^4.

La préparation de Besson ([2]) donne le mélange des chlorobromures, du tétrachlorure et un peu de tétrabromure. Dans la distillation fractionnée, $CBrCl^3$ distille normalement vers 105°. Les séparations sont bien moins tranchées pour les deux autres chlorobromures. Le CBr^2Cl^2 (température d'ébullition indiquée, 135°) ne fournit pas de palier net. Nous avons fractionné de degré en degré à partir de 130° et soumis à l'effet Raman les fractions obtenues.

La fraction 130° comporte un spectre très pur des neuf raies attendues pour CBr^2Cl^2. Les fractions suivantes apportent trois raies nouvelles, déjà bien nettes pour la fraction 135°, qui appartiennent en réalité au spectre de CBr^3Cl.

Cette observation nous amène à rectifier partiellement le spectre décrit par Lecomte pour CBr^2Cl^2, ce spectre correspondant aux fractions passant à 135°.

Fréquences, en cm^{-1}.

Spectre Lecomte CCl^2Br^2	J		141 F	164 F			230 TF	252 f	318 f	370 TF	672	720	759
Spectre fraction 135°	J	141 f	154 F	174 F	214 f	230 M	241 TF	262 f	328 f	380 TF	683	733	769
Spectre $CClBr^3$	J	141 8,5			214 9				328 10				
Spectre fraction 130° (CCl^2Br^2)	J		154 3	174 2		230 3	241 5,5	262 1		380 10	683	733	769

Le tableau ci-dessus montre : *a*. qu'il existe une différence systématique de

([1]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1927.
([2]) *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 222.

10 cm^{-1} entre nos fréquences et celles trouvées par Lecomte et ses collaborateurs. Nos mesures ont été faites avec précision sur des clichés très suffisamment posés, la correction est donc à retenir; *b.* que la raie 318 cm^{-1} indiquée par ces auteurs n'est autre que la raie la plus forte du spectre de CBr^3Cl et n'appartient pas au spectre de CBr^2Cl^2. Au contraire, une raie (elle se placerait à 214 cm^{-1}) a été omise dans leur spectre, raie qui n'a probablement pas été séparée de la raie très forte pointée à 230 cm^{-1}.

Le tableau ci-dessous indique, pour les trois chlorobromures, l'intensité des raies, leur état de dépolarisation et enfin leur attribution.

Fréquences, en cm^{-1}.
Modes de vibration.

Composé.		δ_{12}.	δ_{345}.	ν_1.	ν_{234}.
CCl^4		217	313	460	789
	ρ	7/8	7/8	0,05	7/8
	$J = I + i$	6,5	8	10	M
			δ_3. $\delta_{4,5}$.		
CCl^3Br		192	248 295	422	716 778
	ρ	7/8	0,35 7/8	0,05	0,7 0,7
	J	5	6 3,5	10	M f
CCl^2Br^2		154 174	230 241 262	380	683 733 769
	ρ	0,65 0,65	7/8 0,24 7/8	0,05	D P D
	J	3 2	3 6 0,8	10	F M f
$CClBr^3$		141	214 270	328	680 742
	ρ	7/8	0,5 ?	0,05	0,7 0,7
	J	8,5	9 f	10	M f
CBr^4		128	182	268	673
	ρ	7/8	7/8	0,05	7/8
	J	4	6	10	M

CBr^3Cl étant toujours souillé d'un peu de CBr^4, le facteur de dépolarisation de la troisième raie de son spectre reste douteux, cette raie très faible étant masquée en partie par la raie la plus forte du spectre de CBr^4.

Une des deux dernières raies des spectres de $CBrCl^3$ et de CBr^3Cl devrait être polarisée et l'autre dépolarisée. Le facteur de dépolarisation (voisin de 0,7) de ces raies qui sont larges ne permet pas de trancher.

La raie polarisée de ces deux spectres correspond à la huitième raie du spectre de CBr^2Cl^2, l'autre se décompose en donnant les septième et neuvième raies du spectre de CBr^2Cl^2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption dans l'ultraviolet de solutions d'azoture de sodium et d'acide azothydrique.* Note (¹) de MM. **Maurice Bonnemay** et **Edgar-T. Verdier**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'un de nous, en collaboration avec R. Audubert (²), a montré que l'électrolyse de solutions d'azoture de sodium et d'acide azothydrique s'accompagne d'une émission de rayonnement ultraviolet décelable et mesurable au moyen de compteurs photoélectriques. Il nous a donc paru intéressant, afin de préciser le mécanisme de ces émissions, d'étudier l'absorption optique de ces solutions. En raison de leur absorption considérable dans le domaine ultraviolet, nous avons fait appel à une méthode basée sur l'utilisation des compteurs à photon à CuI (alcool) particulièrement sensibles entre 1900 et 3100 Å. Nous avons d'abord utilisé le montage suivant : la source lumineuse, lampe de Chalonge, est placée directement devant la face d'entrée d'un monochromateur à optique de quartz; devant la face de sortie est disposée la cuve de quartz à épaisseur variable qui contient la solution et, à la suite de celle-ci, le compteur photoélectrique. Le rapport du nombre des décharges, obtenues avec la cuve remplie de solvant et avec la cuve remplie de la solution étudiée, permet de calculer le coefficient d'absorption K pour chaque longueur d'onde.

Dans le but de contrôler les résultats ainsi obtenus, nous avons également employé la méthode spectrophotographique classique. Mais les résultats qu'elle nous a fournis ne sont pas concordants avec les précédents. Pensant intuitivement que ces écarts pouvaient provenir d'une influence de la lumière incidente sur les molécules en solution, nous avons repris la première méthode en modifiant le montage de façon à réaliser les mêmes conditions d'éclairement que dans le spectrographe. Dans ce but, la cuve a été placée entre la lampe de Chalonge et la fente d'entrée du monochromateur. Les résultats ainsi obtenus pour une dizaine de concentrations (C) en N^3H et N^3Na, comprises entre N/5 et N/5000, ont été les suivants :

La figure 1, qui se rapporte à l'absorption d'une solution N/10 N^3Na, montre que la méthode photographique donne effectivement, comme le faisait prévoir l'hypothèse formulée plus haut, des résultats identiques à

(¹) Séance du 26 janvier 1942.

(²) R. Audubert et E.-T. Verdier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1984.

ceux obtenus avec le compteur photoélectrique (cuve avant le monochromateur) et entièrement différents, à partir de 3000 Å, de ceux observés en plaçant la cuve devant la fente de sortie du monochromateur.

En ce qui concerne l'acide azothydrique, il a été impossible de faire des mesures en lumière composée, soit avec la méthode photographique, soit avec les compteurs, l'acide se décomposant. En replaçant la cuve à la sortie du monochromateur et en ouvrant très largement les fentes, il nous a été possible de préciser le domaine de sensibilité photochimique de ces solutions. Il s'étend de 2550 Å (seuil photochimique), vers les plus courtes

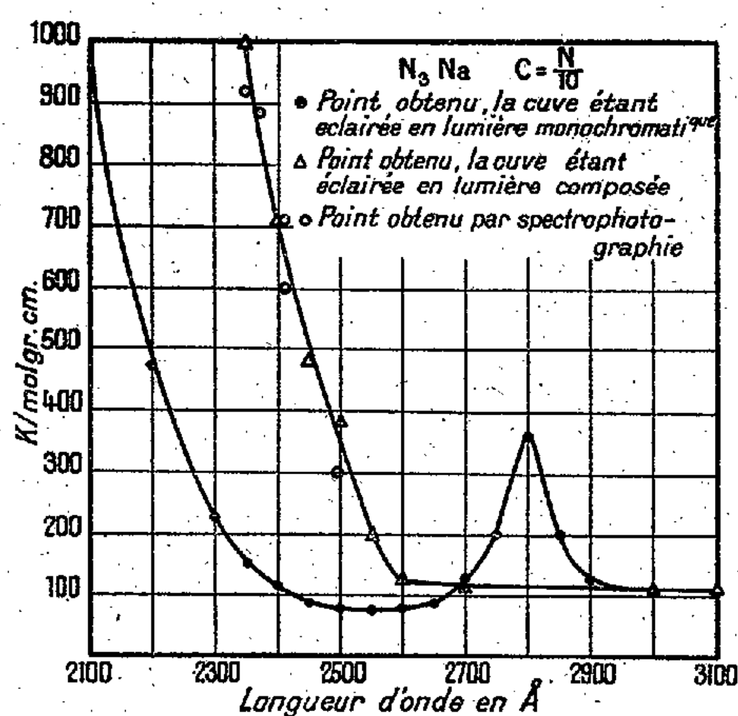


Fig. 1.

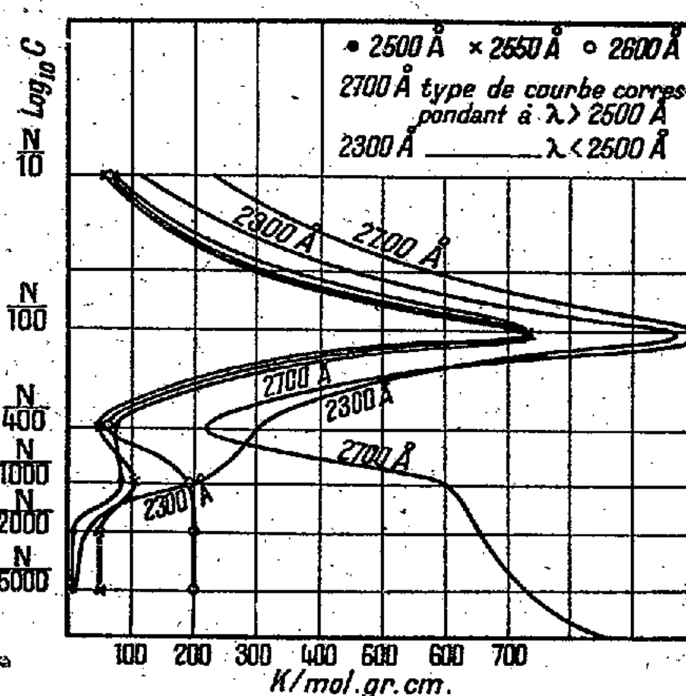


Fig. 2.

longueurs d'onde. Dans les mêmes conditions d'exposition, nous n'avons rien constaté de semblable avec N^3Na.

D'autre part, les résultats obtenus en lumière monochromatique (cuve placée à la sortie du monochromateur) permettent de préciser les points suivants :

1° K passe par un minimum (*fig.* 1) compris entre 2450 et 2550 Å suivant la concentration (ce minimum se déplace vers les grandes longueurs d'onde pour les solutions de N^3Na et dans un sens inverse pour les solutions de N^3H);

2° Les courbes $K = F(c)$ représentées par la figure 2 montrent que la loi de Beer s'applique seulement pour des concentrations comprises entre N/2000 et N/5000 et encore dans un domaine de longueurs d'onde allant de 2500 à 2600 Å.

Ce n'est pas la première fois qu'on a observé des différences dans les

coefficients d'absorption suivant que les mesures ont été faites en lumière monochromatique ou en lumière composée. Ainsi, pour des solutions de nitrates métalliques, R. A. Morton et R. W. Riding ([3]), qui opéraient avec de la lumière composée, ont trouvé des résultats différents de ceux de H. von Halban ([4]) obtenus avec de la lumière monochromatique. En effet, à partir de 2700 Å et vers les plus courtes longueurs d'onde, ces premiers auteurs constatent un accroissement important des valeurs des coefficients d'absorption trouvés par von Halban.

Ces derniers résultats et les nôtres conduisent donc aux mêmes conclusions : les substances de grande sensibilité photochimique peuvent, sous l'action du rayonnement, à partir d'un seuil de longueur d'onde, présenter soit une prédissociation, soit une activation. Ainsi l'absorption des molécules non activées serait-elle différente de celle des molécules activées ou prédissociées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode générale de préparation synthétique des coumarines.* Note ([1]) de M. **Léonce Bert.**

Les coumarines sont les δ-lactones des acides orthohydroxycinnamiques. Certaines ont été obtenues synthétiquement : 1° à partir d'aldéhydes phénols en position ortho, condensés : *a.* avec des sels d'acides organiques en présence d'anhydrides d'acides (Perkin); *b.* avec le chlorhydrate d'aniline ou la pipéridine et l'acide ou l'ester malonique (Knœvenagel); 2° à partir de phénols, condensés avec l'acide malique ou l'ester acétylacétique (von Pechmann).

Le nouveau mode général de préparation que nous proposons diffère totalement des précédents. C'est une application de nos méthodes d'édification de la série cinnamique. En voici le principe :

Au moyen du dichloropropène-1.3, $CH^2Cl—CH=CHCl$, on fixe la chaîne $—CH^2—CH=CHCl$ en ortho par rapport à un alcoxy d'éther oxyde phénolique. Ce premier but est atteint de deux façons : l'une,

---

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **113**, 1926, p. 717.

([4]) H. von Halban, *Z. Electrochem.*, **34**, 1928, p. 489; H. von Halban et J. Eisenbrand, *Z. Physikal. Chem.*, **132**, 1928, p. 401.

([1]) Séance du 26 janvier 1942.

directe, par réaction de Friedel et Crafts appliquée aux matières premières ou par chauffage de celles-ci en présence de poudre de zinc (²); l'autre, indirecte, de rigueur quand la précédente échoue, par condensation du dichloropropène-1.3 avec le magnésien d'un éther oxyde phénolique *o*-bromé (³).

Une fois obtenu l'éther oxyde phénolique *o*.ω-chlorallylé du type $RO-C^6H^4-CH^2-CH=CHCl$, deux voies conduisent à la coumarine correspondante :

I. On le chauffe au reflux avec KOH et un alcool R'OH quelconque, en prenant les proportions moléculaires respectives 1, 3, 5. La transposition de la double liaison de βγ en αβ a lieu en quelques minutes, et l'on isole par distillation fractionnée sous pression réduite l'éther oxyde d'alcoyle et d'alcoxycinnamyle $RO-C^6H^4-CH=CH-CH^2-OR'$ formé avec un haut rendement.

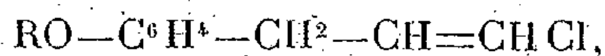
Un court chauffage à 100°, en autoclave, avec son volume d'acide chlorhydrique à 22°B., change l'éther précédent en chlorure de styryle *o*-alcoxylé $RO-C^6H^4-CH=CH-CH^2Cl$, qu'une quantité équimoléculaire d'hexaméthylène-tétramine, en solution hydroalcoolique bouillante, transforme en aldéhyde cinnamique *o*-alcoxylé



$$RO-C^6H^4-CH=CH-CHO.$$

Il suffit souvent d'une simple expositiou à l'air de cet aldéhyde pour l'oxyder en acide cinnamique *o*-alcoxylé $RO-C^6H^4-CH=CH-COOH$, que l'acide bromhydrique concentré désalcoxyle et déshydrate enfin en coumarine correspondante (⁴).

II. On fixe une molécule de brome sur la double liaison d'une molécule d'éther oxyde phénolique *o*.ω-chlorallylé



$$RO-C^6H^4-CH^2-CH=CHCl,$$

en ayant soin d'opérer à 0°, en solution chloroformique, avec une dizaine de grammes seulement à la fois de produit à bromer. On enlève ensuite tout l'halogène du dérivé $RO-C^6H^4-CH^2-CHBr-CHClBr$ en le faisant bouillir au reflux avec une quantité suffisante d'alcoolate de

(²) L. Bert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 797.
(³) *Ibid.*, 180, 1925, p. 1504.
(⁴) *Ibid.*, 191, 1930, p. 332.

sodium R′ONa préparé en dissolvant le métal dans dix fois son poids d'alcool anhydre R′OH.

On obtient ainsi (5) l'acétal de l'aldéhyde cinnamique *o*-alcoxylé $RO-C^6H^4-CH=CH-CH(OR')^2$, qu'une demi-heure d'ébullition avec cinq fois son volume d'acide chlorhydrique au quart change en aldéhyde $RO-C^6H^4-CH=CH-CHO$.

On achève comme en I.

Nous avons obtenu, par l'un et l'autre procédés I et II, la coumarine, à partir de l'orthobromoanisol; l'ombelliférone et l'herniarine avec l'éther diméthylique du résorcinol; l'esculétine avec le triméthoxybenzène-1.2.4.

Notre méthode convient remarquablement pour l'obtention des homologues de la coumarine, souvent difficiles à préparer par les modes d'obtention classiques.

Indiquons enfin que le dichlopropène-1.3, agent de notre synthèse des coumarines, va devenir commercial. Il constitue en effet l'un des antécédents du glycérol synthétique, sous-produit récent de l'industrie pétrolière.

PALÉONTOLOGIE. — *Variation des spicules dermaux chez une éponge lithistide fossile,* Rhagadinia galloprovincialis *Moret.* Note (1) de Mme **Lucette Hérenger**, présentée par M. Charles Jacob.

La classification des Spongiaires fossiles est basée sur la structure du squelette et, spécialement en ce qui concerne les Lithistides, formes à spicules (desmes) siliceux, sur l'étude du squelette essentiel et du squelette cortical. Ce dernier est complexe chez les Lithistides et comprend la thèque (qui peut parfois manquer), sorte de croûte formée de fins corpuscules enchevêtrés, sur laquelle sont piqués des éléments de grande taille, les *spicules dermaux* (2). Ceux-ci sont de précieux auxiliaires pour la détermination des éponges, car ils existent presque toujours chez les Lithistides, et avec des caractères qui permettent de les utiliser dans la

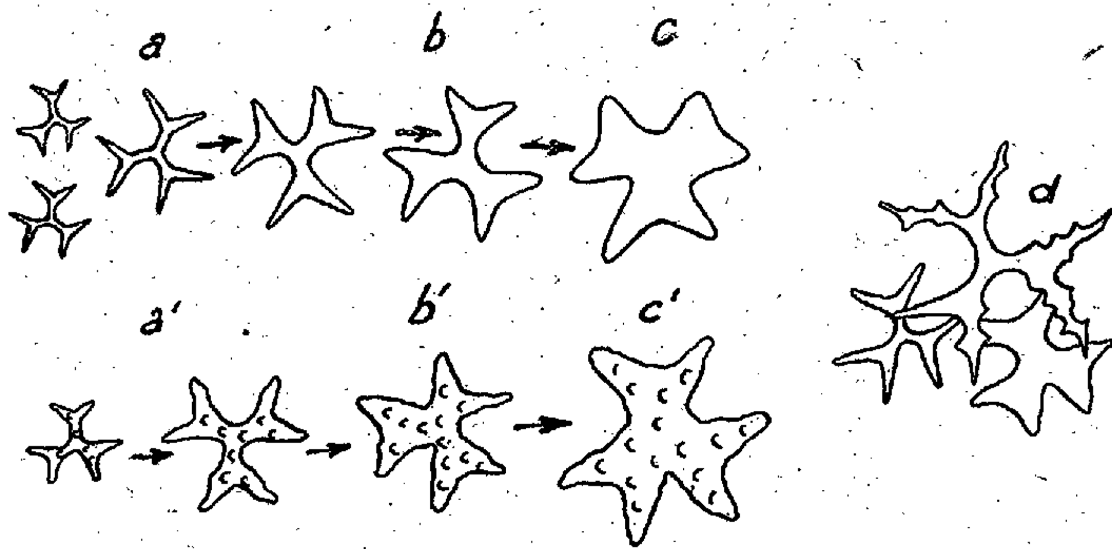
(5) *Ibid.*, 192, 1931, p. 1315.

(1) Séance du 26 janvier 1942.

(2) Pour tout ce qui concerne les généralités relatives au squelette des éponges fossiles, on se reportera à L. Moret, *Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Crétacé supérieur français* (*Mém. Soc. géologique de France*, nouv. série, mém. n° 5, 1925).

systématique du groupe. Les formes de spicules dermaux observées le plus souvent sont les *dichotriaènes* et les *phyllotriaènes*. Le dichotriaène apparaît à la surface de la thèque sous forme d'une étoile faite de trois branches grêles régulièrement divisées en deux. Ces branches peuvent être lisses, dentelées, verruqueuses, ou même pourvues de pointes souvent disposées en rosettes. Le phyllotriaène est aplati et découpé irrégulièrement. Entre ces deux formes, dichotriaène et phyllotriaène, peut exister un spicule d'allure étoilée, mais dont les branches s'aplatissent en s'élargissant et que nous proposons de distinguer des précédents, entre lesquels il constitue un type intermédiaire, sous le nom de *dichophyllotriaène*.

Malgré cette diversité de formes, les spicules dermaux offrent, chose importante, une certaine stabilité d'allure qui a permis de grouper les



Spicules dermaux de *Rhagadinia galloprovincialis* Moret, très grossis, montrant le passage, sur un seul échantillon, des dichotriaènes aux dichophyllotriaènes. *a-a'*, dichotriaènes typiques de petite taille; *b-b'*, dichotriaènes dont les branches s'aplatissent et augmentent de taille pour donner les types *c-c'* appelés dichophyllotriaènes; *d*, dichotriaènes à clades dentelés du type des dichotriaènes des Corallistides. (*a*, *b*, *c*, formes lisses; *a'*, *b'*, *c'*, formes verruqueuses). Dans la partie droite de la figure, on voit trois spicules dans l'ordre où ils apparaissent à la surface de l'éponge.

éponges fossiles, et en particulier les Lithistides, en familles, ou même de caractériser un genre. Toutefois l'observation que nous présentons ici semble indiquer que ce caractère de stabilité morphologique attribué aux spicules dermaux peut être parfois pris en défaut. En effet, en étudiant un lot de Spongiaires crétacés recueillis par L. Moret dans le célèbre gisement de Saint-Cyr (Var), j'ai pu remarquer sur un échantillon de Tétracladine la présence de *plusieurs sortes de spicules dermaux*. Cette éponge peut être rangée dans le genre *Rhagadinia*, grâce à l'étude de son squelette essentiel, et la comparaison avec d'autres échantillons types

permet de l'identifier à *Rhagadinia galloprovincialis* Moret, espèce caractérisée par des desmes verruqueux associés à des dichophyllotriaènes. Son squelette cortical est particulièrement bien conservé au niveau du pédoncule, et c'est là que nous avons observé les diverses variétés de spicules dermaux dont il est question, d'ailleurs disposés sans aucun ordre. Ce sont des dichophyllotriaènes à surface lisse (forme normale du genre) ou faiblement verruqueuse (forme aberrante) ainsi que des dichotriaènes typiques de petite taille, aux branches étroites lisses ou verruqueuses et régulièrement divisées en deux. On y voit même un dichotriaène à branches dentelées, analogue à ceux qui se rencontrent à la surface de certaines Corallistides du Crétacé de Provence, par exemple chez le genre *Gignouxia* Moret. Il est intéressant de noter les différences de taille qui existent entre les dichotriaènes et les dichophyllotriaènes; ces derniers sont de grande taille, et il semble que l'on puisse passer des petits dichotriaènes aux grands dichophyllotriaènes par aplatissement progressif des branches de l'étoile.

Nous pouvons donc conclure que l'échantillon de *Rhagadinia galloprovincialis* étudié ici montre :

1° qu'il peut exister plusieurs sortes de spicules dermaux sur une seule éponge, contrairement à ce qu'on avait admis jusqu'ici;

2° que les spicules dermaux peuvent y être de types assez différents : dichotriaène typique, dichotriaène à bras dentelés, dichophyllotriaène, alors que, jusqu'ici, on estimait que chacun de ces spicules dermaux était caractéristique d'un genre ou d'un groupe de genres (famille);

3° pour interpréter ces variations, il faut admettre que tout semble s'être passé au cours de la croissance de notre échantillon, comme si les petits dichotriaènes avaient progressivement évolué vers les grands dichophyllotriaènes, puisque nous avons tous les termes de passage entre ces deux extrêmes;

4° il sera donc utile de tenir compte de cette observation au cours des déterminations futures, sans toutefois en exagérer la signification, ces anomalies n'ayant été vues jusqu'ici que sur un seul échantillon.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de l'essence absolue de Narcisse* (Narcissus poeticus *L.*) Note de M. **Georges Igolen**, présentée par M. Gabriel Bertrand,

Narcissus poeticus L. croît abondamment dans toute la Provence où l'on traite les fleurs sauvages qui sont extrêmement abondantes. La récolte se

fait, suivant l'altitude (jusqu'à 1200^m), d'avril à mai. Par traitement à l'éther de pétrole, dans les usines grassoises, les fleurs donnent, avec un rendement de 2,4 à 2,8 %, une essence concrète vireuse jaune verdâtre, assez dure, qui s'éclaircit en vieillissant et dont l'odeur reproduit assez fidèlement celle de la fleur.

I. En ce qui concerne les constantes analytiques et la composition de l'essence de Narcisse, la littérature est assez pauvre.

Y. R. Naves et G. Mazuyer (1) donnent les chiffres suivants :

Concrète.	F 50° (env.).	–	–	–	I.A. 24	I.E. 60
Absolue.	–	d_{15} 0,960	–	n_D^{20} 1,4884	I.A. 38	I.E. 88,6

Von Soden (2), pour l'essence distillée d'une concrète grassoise, avait donné

–	d_{25}^{25} 0,985	α_D l. d. (*)	–	I.A. 7	I.E. 202

(*) l. d., légèrement dextrogyre.

Enfin, Y. R. Naves, S. Sabetay et L. Palfray (3) ont préparé un distillat dont les caractères sont

d_{15} 0,994	α_D +0°40′	n_D^{20} 1,4988	I.A. 5,6	I.E. 184

Ces mêmes auteurs donnent, pour l'essence d'entraînement à la vapeur, les rendements de 2,2 à 3,5 (4).

II. La concrète que nous avons examinée provenait du traitement, à l'éther de pétrole, de fleurs de la région de l'Artuby (La Roque Esclapon, Bargème, la Bastide). Elle avait les constantes suivantes :

F (méth. de Pohl) 55-56°.	–	–	–	I.A. 22,4	I.E. 52,5

La recherche du soufre et de l'azote a été négative. Cette concrète, traitée par la méthode classique, donne, avec un rendement de 30 %, une essence absolue visqueuse, de couleur verdâtre, dont nous avons déterminé les caractéristiques :

–	d_{15} 0,9728	–	n_D^{20} 1,4928	I.A. 39,2	I.E. 87

Par codistillation avec le diéthylèneglycol, suivant Sabetay (5), 200^g de

(1) *Les Parfums naturels*, Paris, 1939, p. 238.
(2) *J. Prakt. Chem.*, **110**, 1925, p. 277.
(3) *Perfumery and Essent. Oil Rec.*, 28, 1937, p. 336.
(4) *Ann. Chim. anal.*, **19**, 1937, p. 12.
(5) *Ann. Chim. anal.*, **21**, 1939, p. 173.

cette concrète nous ont donné 23g,2 d'une essence légèrement colorée en jaune, ne donnant aucune réaction au brome chloroformique et réduisant le nitrate d'argent ammoniacal. Ses caractères analytiques sont :

d_{15} 0,9714 α_D^{20} −5°48′ n_D^{20} 1,5050 I.A. 11,2 I.E. 78,14
après acétylation I.E. 171,14

Indice de carbonyle 70, méthoxyle (Zeisel) 3,7 %.

Par agitation de 20g de l'essence d'entraînement avec NaOH à 2 %, on sépare les phénols, soit 0g,95 d'un mélange fondant à 45° environ. Le chlorure de dinitro-3.5-benzoyle permet d'isoler un dinitrobenzoate fondant à 130° (Maq.), c'est celui de l'eugénol (fusion mélangée) (6). On fait de même le naphtyluréthane d'eugényle F 121-122° (fusion mélangée).

Par essorage sur plaque poreuse on isole des cristaux incolores, inodores, d'un autre phénol F 62°, que nous n'avons pu identifier.

L'acidification de la solution sodique, privée de phénols, libère un acide, F 121°,5, dont l'ester de *p*-bromophénacyle fond à 119°. C'est l'acide benzoïque (fusion mélangée).

L'essence, privée de phénols et d'acide libre, est traitée par 200g de métabisulfite de sodium à 5 %. On épuise à l'éther de pétrole, et décompose par la lessive de soude, ce qui donne 1g,6 d'un liquide à odeur d'essence d'amandes amères. On y caractérise l'aldéhyde benzoïque par sa dinitro-2.4-phénylhydrazone, F 237° (Maq.) et sa semicarbazone F 222° (capillaire) (fusions mélangées).

Après ce double traitement à la soude et au métabisulfite, l'essence est saponifiée, pendant 2 heures, par la soude alcoolique : 1g,5 NaOH dans 50cm³ d'alcool à 95°. On chasse l'alcool, on reprend par l'eau et l'on extrait à l'éther. Dans la portion aqueuse, on identifie l'acide benzoïque F 121°,5; dérivé *p*-bromo phénacylé, F 119°. De la portion éthérée, on isole 9g,5 d'un produit visqueux qu'on fractionne dans un ballon de Widmer. La première fraction, E_5 80-85°, donne un allophanate, F 190-191°, qui est l'allophanate de benzyle (mélange). La deuxième fraction, E_5 120-125°, n_D^{20} 1,5780, se prend en masse : c'est de l'alcool cinnamique; allophanate F 205-206° (Maq.), phényluréthane F 90-91° (Maq.) (fusion mélangée).

En résumé, on peut considérer que la partie entraînable de la concrète de Narcisse a comme constituants principaux l'eugénol, l'aldéhyde

---

(6) Nouvel exemple de la fréquence et de l'importance de l'eugénol dans les parfums floraux, signalée par SABETAY, IGOLEN et PALFRAY, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 805.

benzoïque, l'acide benzoïque libre ou estérifié, les alcools benzylique et cinnamique. Les constituants aromatiques, qui donnent à cette concrète son fleuri particulier, restent à identifier.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De la présence d'un complexe tanin-résine associé à des substances protéiques dans l'écorce de Winter* (Drimys Winteri *Forst.*). Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Si l'existence de tanins dans la tige du *Drimys Winteri* Forst. est bien connue; aucune indication ne semble avoir été donnée sur la nature de cette substance, ni sur sa localisation dans l'appareil végétatif de cette Magnoliacée.

Les coupes de jeunes tiges fraîches traitées par le molybdate d'ammoniaque nous ont révélé la présence de composés tanniques dans les vacuoles de nombreux éléments du parenchyme cortical, de la moelle, des rayons médullaires, du liber et du bois secondaires, de quelques cellules du liber secondaire, et même à l'intérieur de jeunes éléments sclérenchymateux de la région circummédullaire. Le contenu de tous ces éléments tannifères prend une teinte orange sous l'action de l'hypochlorite de soude, réaction de l'acide ellagique. D'autre part, le réactif de Bræmer donne un précipité granuleux jaunâtre à l'intérieur des mêmes cellules, réaction de l'acide gallo-tannique, lequel coexiste ici avec l'acide ellagique. L'alcool dissout complètement les composés tanniques localisés dans ces jeunes tiges.

Si l'on examine des fragments vivants d'écorces de tiges âgées, appelées en pharmacologie écorces de Winter, on observe la présence de semblables principes à l'intérieur de toutes les cellules du phelloderme, ainsi que dans la plupart des éléments parenchymateux de la zone corticale et du liber secondaire. On observe aussi l'existence de tanins dans la cavité ainsi que dans les canalicules des cellules scléreuses de la région externe du parenchyme cortical primaire.

En traitant par le molybdate d'ammoniaque ou par le perchlorure de fer des coupes de semblables fragments d'écorces qui avaient subi une longue macération dans l'alcool, nous avons observé la disparition des composés tanniques du liber; mais partout ailleurs la réaction se montrait positive, principalement à l'intérieur des cellules scléreuses. Ici, les tanins se trouvent donc associés à un autre corps : le réactif de Bouchardat nous a

révélé la présence de substances protéiques, qui sont associées à l'acide ellagique et à l'acide gallo-tannique pour former, dans le suc cellulaire, un complexe insoluble dans l'alcool. D'autre part, le contenu de ces mêmes éléments se colore en rose pâle par l'ammoniaque ainsi que par une solution aqueuse de bicarbonate de soude, et en rose vif sous l'action d'une solution alcoolique de soude. Ces nouveaux résultats indiquent la probabilité de la présence d'un composé résineux. Nous nous en sommes assuré en traitant de nouvelles coupes par le rouge soudan III; nous avons alors obtenu la coloration rouge du contenu cellulaire, manifestant ainsi nettement la présence d'une substance résineuse. Il paraît dès lors vraisemblable que, dans toutes ces cellules, une partie des tanins s'oxyde et se résinifie; il en résulte un mélange de composés tanniques et résineux qui se fixe sur les substances protéiques contenues dans le suc cellulaire. Ces substances protéiques n'existent pas dans les vacuoles des cellules parenchymateuses des jeunes tiges, avant l'apparition du périderme.

Dans les jeunes tiges, l'acide ellagique et l'acide gallo-tannique coexistent à l'état libre à l'intérieur du suc cellulaire. Il n'en est plus de même chez les tiges âgées, qui possèdent un liège et un phelloderme épais, d'origine épidermique, ainsi que des paquets de cellules scléreuses dans la zone corticale primaire et dans le liber secondaire. A ce stade on constate, à l'intérieur des vacuoles, de nombreuses cellules du parenchyme de l'écorce primaire, d'une part la transformation partielle des tanins en composés résineux, et d'autre part l'apparition de substances protéiques. Ces trois corps s'associent pour former un complexe insoluble dans l'eau, dans l'alcool et dans les solutions alcalines. Un semblable complexe se trouve également à l'intérieur de nombreuses cellules scléreuses de la région corticale externe ainsi que dans le suc vacuolaire de tous les éléments du phelloderme.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence de la pigmentation mélanique sur l'intensité de la respiration cutanée d'un Vertébré inférieur*, Axolotl mexicanum *Shaw*. Note de M. **René-Guy Busnel** et Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours de ses recherches antérieures sur la physiologie du mélanocyte des Vertébrés ([1]), l'un de nous émettait l'hypothèse que la présence à

([1]) R.-G. Busnel, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 189.

haute dose d'un pigment respiratoire, la riboflavine (Vitamine B2), dans le mélanocyte des Vertébrés inférieurs, pouvait jouer, particulièrement au niveau de la peau, un rôle important dans la respiration cutanée.

Aussi avons-nous voulu voir, chez un Vertébré inférieur dont les téguments de certaines formes sont particulièrement dépourvus de riboflavine, si les résultats de l'étude de la respiration cutanée étaient en rapport direct avec celle-ci.

Nous nous sommes adressés à l'Axolotl, dont certains individus sont entièrement noirs et d'autres blancs; ces derniers ne correspondent d'ailleurs pas à une race pure, leurs téguments n'étant pas absolument dépourvus de mélanocytes, ni de riboflavine, ainsi que l'ont mis en évidence Fontaine, Raffy et Busnel [2].

La mesure de l'intensité respiratoire a été faite en novembre, décembre et janvier, par la méthode de Winckler. Les Axolotls étudiés étaient âgés de 12 mois, longs de 12 à 16^{cm}, et pesaient de 14 à 40^{g}. Ils étaient maintenus en aquariums, à l'obscurité, à une température de 9°C. Les dosages ont été faits régulièrement, après 5 jours de jeûne et les expériences duraient 5 heures.

La respiration totale de l'Axolotl comprend la respiration branchiale, la respiration cutanée et la respiration pulmonaire, qui, bien que les poumons soient embryonnaires, n'est toutefois pas négligeable; elle se manifeste par la venue des animaux à la surface de l'eau.

Afin d'étudier spécifiquement la valeur de la respiration cutanée, nous avons supprimé la respiration branchiale en coupant les houppes branchiales, et la respiration pulmonaire en maintenant les animaux en plongée permanente par un grillage fin disposé à plusieurs centimètres sous la surface de l'eau. Les expériences ont été faites sur les mêmes Axolotls avant et après l'ablation des houppes, les deux séries d'expériences étant séparées par le temps de cicatrisation.

Des résultats d'ensemble nous ne donnerons ici que deux exemples types, portant sur des animaux de 25^{g}; les moyennes de 10 dosages successifs ont été groupées dans le tableau ci-après, elles sont exprimées en centimètres cubes d'oxygène par gramme-heure.

---

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 251.

Respiration étudiée.	Axolotl noir.	Axolotl blanc.	Rapport des intensités noir/blanc.
R. totale	0,07956	0,07085	1,13
R. cutanée + R. pulmonaire	0,06846	0,03675	1,88
R. branchiale	0,01110	0,03410	0,309
R. cutanée	0,05500	0,02850	1,96
R. pulmonaire	0,01346	0,00825	1,62

Les différences entre l'animal noir et l'animal blanc sont encore plus significatives en exprimant les résultats des différentes valeurs respiratoires de l'Axolotl, par rapport à sa respiration totale.

Nous les avons groupés dans le tableau ci-dessous.

Respiration étudiée.	Axolotl (%) noir.	Axolotl (%) blanc.
R. cutanée	69,5	40
R. pulmonaire	16,5	11,5
R. branchiale	14	48,5

L'examen des résultats met en évidence que, pour des Axolotls de même poids, le rapport des respirations totales entre les animaux noirs et blancs atteint 1,13.

La perte des houppes branchiales entraîne, chez les noirs une diminution de l'intensité respiratoire de 14 %, alors qu'elle atteint 48,5 % chez les blancs.

Au point de vue histologique on remarque que l'ablation des houppes branchiales n'entraîne aucune modification de la localisation ou de la nature de la riboflavine et des substances à fluorescence bleue. Les dosages révèlent également qu'aucune variation ne s'est produite concernant la teneur en ces corps ([3]).

Chez l'Axolotl noir la respiration cutanée est égale à 70 % de la respiration totale, tandis que chez le blanc, elle n'est que de 40 %. Entre ces deux formes le rapport des respirations cutanées est de 1,96.

La perte des houppes branchiales n'entraîne pas de modifications compensatrices de la respiration cutanée. Cependant, si on laisse les animaux blancs monter à la surface, on remarque une augmentation nette de la

---

([3]) La variation de la teneur en flavine des mélanocytes au cours des saisons nous incite à étudier, désormais, les variations parallèles des respirations cutanées.

respiration pulmonaire et l'autopsie révèle, chez ces individus, des poumons devenus fonctionnels et gonflés d'air.

Si l'on s'adresse à des animaux pigmentés, les résultats sont différents. Dès 1867, Duméril ([4]), après ablation des houppes branchiales chez des Axolotls pigmentés, avait noté que la montée en surface n'était pas plus fréquente. Nous avons repris ces expériences et obtenu des résultats semblables.

En conclusion ([5]), chez l'Axolotl, l'activité respiratoire de la peau paraît liée à la pigmentation et à la teneur en riboflavine.

GÉNÉTIQUE. — *Vitalité et fécondité relatives de diverses combinaisons génétiques comportant un gène léthal, chez la Drosophile.* Note de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

On sait qu'il existe, dans certaines espèces, des lignées où deux chromosomes appartenant à une même paire portent chacun un gène léthal différent. Les deux catégories d'homozygotes disparaissant à chaque génération, ces lignées hétérozygotes *balancées* sont stables. Lorsqu'il n'existe qu'un seul gène léthal, la descendance d'un couple d'hétérozygotes n'est pas homogène et, si la population reste stationnaire, le gène léthal est progressivement éliminé. Il naît, en effet, en principe de ce croisement, un homozygote viable pour deux hétérozygotes; et l'on montre aisément que si la fréquence du gène léthal dans la population est, à un moment donné, égale à p, elle ne doit plus être à la génération suivante que $p/1+p$.

Mais, pour qu'un calcul de ce genre traduise la marche réelle des phénomènes, certaines conditions doivent être remplies. Il faut que, dans la population considérée, les divers croisements possibles se fassent au hasard, et que la fécondité des adultes, comme la mortalité des jeunes, soient indépendantes de leur constitution génétique. Or aucune de ces conditions ne se vérifie nécessairement. Il n'y a, en particulier, aucune raison pour que ceux des gènes léthaux qui sont dominants, du point de vue morpho-

---

([4]) *Ann. des Sc. Nat.*, 7, 1867, p. 247.

([5]) Le sens de cette conclusion est identique à celle que R.-G. Busnel a déjà faite pour des tissus isolés d'Anguille; la peau pigmentée (dos) a une intensité respiratoire très élevée par rapport à la peau non pigmentée (ventre). Ces résultats ont été obtenus par la méthode diaférométrique. (Notes inédites du *Physiologisches Laboratorium* de A. Noyons, Utrecht, Hollande, Faculteit van Medicijnen, 1938.)

logique, soient entièrement récessifs, du point de vue physiologique, quels que soient les autres éléments constitutifs du génotype.

On peut se demander, par exemple, ce qu'il adviendrait si l'on opposait à un gène léthal, non plus un autre gène léthal, comme dans les souches balancées, mais un gène récessif banal diminuant, à l'état homozygote, la vitalité des individus qui en sont porteurs. Les recherches sur la biologie des populations de Drosophiles, que je poursuis en collaboration avec Ph. L'Héritier, m'ont conduit à étudier incidemment ce problème.

Au gène léthal *Curly Cy*, du deuxième chromosome, qui modifie la forme de l'aile, a été opposé le gène récessif *vestigial vg*, du même chromosome, qui produit l'atrophie de l'aile. Dans une seconde série d'expériences, poussées moins loin, le gène récessif *ebony e*, du troisième chromosome, qui donne à tout le corps une couleur sombre, a été opposé au léthal *Dichæte D*, du même chromosome qui modifie la posture des ailes. Avant de commencer les mesures, il a paru utile d'éliminer autant que possible, par des croisements consanguins répétés, les différences génétiques étrangères à l'expérience, qui pouvaient exister entre les souches comparées.

La technique mise en œuvre pour mesurer la vigueur relative des diverses combinaisons génétiques est celle que nous avons déjà utilisée pour l'étude de la concurrence larvaire. Le croisement qui doit fournir les deux génotypes que l'on veut comparer est effectué simultanément sur 300 femelles. Une partie des œufs est laissée sur la quantité assez faible d'aliment sur laquelle ils ont été pondus; le nombre des larves atteignant l'état imaginal n'est guère, dans ce cas, que le dixième de celui des œufs pondus. D'autres larves, nées d'œufs recueillis en même temps, sont placées sur une quantité de nourriture surabondante. On dispose ainsi, après chaque expérience, d'une mesure relative à une concurrence forte, mais normale pour les populations de Drosophiles, et d'une autre qu'affecte surtout la mortalité embryonnaire, la concurrence larvaire étant faible.

Le tableau ci-contre donne sous une forme condensée les résultats des mesures, les nombres de Drosophiles recueillies dans toutes les cultures d'une même série étant totalisés. La valeur sélective relative des deux génotypes comparés est évaluée dans chaque cas, par le rapport $1 - h$ du nombre des hétérozygotes observés à celui que l'on devait attendre, d'après le nombre des individus non porteurs du gène léthal.

Pour *Curly*, lorsque la concurrence est faible, le gène léthal donne aux

individus qui en sont porteurs, un avantage faible, mais certainement significatif, sur les homozygotes, que ceux-ci soient du type sauvage ($h = -0,13$) ou *vestigial* ($h = -0,25$). Au contraire dans les mêmes conditions, les hétérozygotes *vg* + sont légèrement supérieurs aux léthaux *Cy* + ($h = +0,11$), *Cyvg* ($h = +0,07$). Lorsque la concurrence est forte, les Drosophiles *Cy* + sont environ deux fois moins vigoureuses que celles du type sauvage ($h = +0,43$), ou *vg* + ($h = +0,58$); les *Cyvg* sont près de deux fois plus vigoureuses que les *vgvg* ($h = -0,93$) et se comportent vis-à-vis des *vg* + à peu près comme les *Cy* + ($h = +0,56$).

Le gène *Dichæte* affaiblit son porteur, que la concurrence soit faible ou forte, dans les diverses combinaisons génétiques étudiées. La substitution du gène *ebony* à son allélomorphe normal dans le chromosome opposé à *D* diminue l'action nocive de celui-ci lorsque la concurrence est faible, mais paraît exercer une action défavorable lorsque la concurrence est forte.

	Concurrence faible			Concurrence forte		
Croisement.	*Cy*	non *Cy*	$1-h$	*Cy*	non *Cy*	$1-h$
$\frac{Cy}{+} \times \frac{+}{+}$ ...	8326	7450	1,18	3188	5539	0,57
$\frac{Cy}{vg} \times \frac{vg}{vg}$ ...	3424	2712	1,26	4157	2253	1,84
$\frac{Cy}{+} \times \frac{vg}{vg}$ ...	6094	6540	0,93	2954	6761	0,44
$\frac{Cy}{vg} \times \frac{+}{+}$ ...	4276	4776	0,89	1723	4125	0,42
$\frac{Cy}{+} \times \frac{Cy}{+}$ ...	4332	2136	1,01	1140	1107	0,51
$\frac{Cy}{vg} \times \frac{Cy}{vg}$ ...	4807	1947	1,25	1721	429	2,01
	D	non *D*	$1-h$	*D*	non *D*	$1-h$
$\frac{D}{+} \times \frac{+}{+}$ ...	1389	2937	0,47	388	2698	0,14
$\frac{D}{e} \times \frac{e}{e}$ ...	1428	1962	0,73	380	3830	0,10
$\frac{D}{+} \times \frac{e}{e}$ ...	1363	3360	0,41	414	2016	0,20

Les dénombrements qui ont permis d'obtenir les résultats précédents ont montré en même temps que les femelles *Cy* avaient dans les conditions de l'expérience, une fécondité supérieure d'environ un tiers à celle des femelles du type sauvage et près de deux fois plus forte que celle des femelles *vgvg*. La fécondité des femelles *D* + semble être à peu près la même que celle des femelles normales.

On voit que les hypothèses indispensables à la validité du schéma classique de l'élimination d'un gène léthal ne se vérifient dans aucune des combinaisons génétiques qui viennent d'être étudiées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'évolution de la teneur en nicotinamide du lait de la Femme et le besoin du nourrisson.* Note (¹) de M. **André Lwoff**, Mlle **Madeleine Morel** et M. **Marcel Bilhaud**, présentée par M. Émile Roubaud.

La teneur en vitamine P.P. du lait de femmes accouchées depuis 3 à 8 jours est en moyenne de $0^{mg},07$ pour 100^{cm^3} (²). Cependant la possibilité d'un enrichissement ultérieur en vitamine P.P. avait été envisagée. Les données que nous apportons montrent qu'à partir de la 3e semaine le lait renferme plus de nicotinamide que dans les premiers jours qui suivent l'accouchement. Le dosage a été effectué après hydrolyse acide au moyen du test *Proteus*, suivant la technique décrite antérieurement (²). Les prélèvements ont été faits au mois de novembre 1941 sur des Parisiennes, dont la plupart, consultantes de la fondation Budin, appartiennent à la classe moyenne. Le chiffre de 0,163, observé au 56e jour, concerne un sujet ayant absorbé $0^{g},6$ de nicotinamide un mois avant l'accouchement, 1^{g} une semaine après, mangeant de la viande deux fois par jour, et que l'on peut en toute certitude considérer comme non carencé. Le chiffre qui précède la teneur du lait en nicotinamide, exprimée en mg pour 100^{cm^3}, représente le nombre de jours après l'accouchement.

22 jours...	0,184	80 jours...	0,164	140 jours...	0,130
51 » ...	0,195	90 » ...	0,190	173 » ...	0,124
52 » ...	0,138	90 » ...	0,092	185 » ...	0,164
56 » ...	0,163	93 » ...	0,080	200 » ...	0,248
78 » ...	0,192	120 » ...	0,130		

La moyenne a été établie en faisant abstraction des valeurs 0,092 et 0,080, manifestement basses, et de la valeur 0,248 exceptionnellement élevée. Elle est de $0^{mg},16$ pour 100^{cm^3}.

Kodicek (³), après avoir constaté la pauvreté du lait de la femme en

(¹) Séance du 29 décembre 1941.

(²) A. Lwoff, M. Morel et L. Digonnet, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 811.

(³) *Bioch. J.*, 34, 1940, p. 724.

nicotinamide, avait émis deux hypothèses : 1° existence de réserves chez le fœtus; 2° synthèse de la nicotinamide par le nourrisson. Or, d'une part, le fœtus humain ne possède pas de réserves de nicotinamide ([4]); d'autre part, il paraît difficile d'admettre la seconde des hypothèses de Kodicek. Une troisième possibilité a été envisagée ([5]) : le nourrisson, au cours des tout premiers mois de sa vie, s'acheminerait lentement vers un état de carence.

Les données que nous apportons permettent de discuter utilement le problème du besoin nourrisson, et de sa couverture par l'apport vitaminique du lait. Si nous admettons que la teneur moyenne du nouveau-né en nicotinamide est de $2^{mg},5$ pour 100^{g}, nous voyons qu'un nourrisson âgé de 8 jours, pesant 3^{kg} et augmentant de 25^{g} par jour, a besoin de $0^{mg},63$ de nicotinamide par jour, pour maintenir constant le taux de ses coenzymes I et II. Il a besoin, en plus, d'une ration d'entretien que l'on ne peut établir par l'expérience, mais que l'on peut évaluer approximativement. La ration minimum d'entretien chez l'adulte est voisine de $0^{mg},1$ par kilogramme et par jour ([5]), ([6]); elle varie suivant le travail fourni. En raison de la quasi-immobilité du nourrisson jeune, il est possible que sa ration d'entretien soit plus faible. Si nous la fixons arbitrairement à $0^{mg},05$ par kilogramme et par jour, le nourrisson considéré aura besoin, en plus de sa ration de croissance, d'une ration d'entretien de $0^{mg},15$, soit un besoin total de $0^{mg},78$.

Si l'on admet qu'un nourrisson de 3^{kg} absorbe 500^{cm^3} de lait, on voit que le besoin ne sera couvert que si le lait renferme $0^{mg},16$ environ de nicotinamide pour 100^{cm^3}. Par la suite, la vitesse de croissance diminuant, des laits moins riches pourront couvrir le besoin. Mais il semble possible que le besoin devienne plus élevé en raison : 1° de l'augmentation de la teneur des tissus en nicotinamide, qui doit atteindre un chiffre de 4^{mg} pour 100^{g}, moyenne probable de l'adulte; 2° de l'augmentation de la ration d'entretien en relation avec le travail musculaire. En prenant pour base une teneur tissulaire moyenne de $2^{mg},5$ pour 100^{g} et une ration d'entretien de $0^{mg},1$ par kilogramme et par jour, on peut calculer que le besoin, entre le 2ᵉ et le 7ᵉ mois, varie entre 1,1 et $1^{mg},2$ par jour. Pour la même ration d'entretien et une ration de croissance correspondant à une moyenne tissulaire de 4^{mg}

([4]) A. Lwoff, M. Morel et L. Digonnet, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 1030.
([5]) A. Lwoff, *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 17, 1941, p. 749.
([6]) M. Morel, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 530.

pour 100^g, le besoin sera voisin de $1^{mg},5$ par jour. On peut, semble-t-il, admettre, pour le moment, que le besoin du nourrisson coïncide avec l'apport vitaminique d'un lait renfermant $0^{mg},16$ de nicotinamide pour 100^{cm^3}, c'est-à-dire qu'il évoluerait, de la naissance à la fin du 7e mois, de 0,78 à $1^{mg},55$ par jour. Le nourrisson ingérant du lait dont la teneur en vitamine P.P. est inférieure à $0^{mg},16$ pour 100^{cm^3} serait donc candidat à une carence, et il y aurait intérêt à supplémenter son régime, ce qui peut être réalisé directement. Mais on sait aussi que le lait de la femme peut être considérablement enrichi en vitamine P.P. à la suite de l'ingestion de nicotinamide [7], et l'on peut envisager ce moyen indirect d'assurer au nourrisson la ration qui lui est nécessaire, lorsque le lait de sa mère est déficient.

Il semble en tout cas que le déséquilibre entre besoin vitaminique et apport par le lait ne doive pas dépasser les deux à trois premières semaines. A partir de ce moment, le lait de la femme convenablement nourrie doit assurer le ravitaillement du nourrisson en vitamine P. P., en l'absence de toute réserve de celui-ci, et sans qu'il soit besoin d'envisager la possibilité d'une synthèse transitoire de la nicotinamide.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'immunité provoquée par les rickettsies tuées au formol, comparée chez le Cobaye à l'immunité provoquée par maladie grave.* Note de MM. **Paul Giroud** et **René Panthier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Nous avons montré qu'il est possible de conserver par passage sur poumon de lapin une souche de typhus épidémique européen. Le Cobaye ainsi infecté fait une maladie grave, sans incubation, avec souvent un signe de Neill-Mooser comme dans un typhus murin et une très nette réaction péritonéale qu'on peut facilement apprécier grâce au signe que nous avons déjà décrit [1].

Nous avons voulu comparer ici l'immunité consécutive à une telle maladie, avec celle provoquée par les suspensions formolées de rickettsies provenant de la même souche.

Le matériel servant à l'épreuve était représenté par le caillot sanguin broyé et dilué au quart. Ce sang avait été prélevé sur deux cobayes au

---

(7) A. Lwoff, L. Digonnet et H. Dusi, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 39.

(1) *Assoc. microb. lang. franç.*, in *Ann. Inst. Pasteur*, 68, 1942, p. 95-98.

deuxième jour de la fièvre et 11 jours après l'inoculation péritonéale d'un mélange de cerveau et de rate. Ces organes avaient été conservés huit mois à — 25°.

Chez 8 cobayes témoins la maladie durait du 10e au 17e jour et provoquait un amaigrissement de 50 à 120g. Le 1/4000e de centimètre cube de caillot était encore infectant.

Animaux ayant fait une maladie grave. — Sur 15 animaux inoculés avec des doses massives de rickettsies, 8 avaient eu un signe de Neill-Mooser, 7 des signes nets de réaction péritonéale; 8 seulement ont survécu. Ceux-ci ont été éprouvés avec 1000 doses infectantes, de 12 à 90 jours après la fin de leur maladie.

Sur les 8 animaux ayant fait une maladie grave, 4 n'ont pas présenté de réaction à l'épreuve. Deux ont fait une fièvre à 40°, l'un le 3e jour, l'autre le 20e. Deux ont eu une réaction fébrile plus importante, l'un 40° les 27e et 28e jours, l'autre les 21, 24, 28e jours. Les variations peu considérables de poids observées au cours de l'épreuve sont rapportées dans le tableau.

Cobayes ayant fait une maladie grave.

Cobaye.	Durée de la maladie.	Durée de la périorchite.	Durée de la réaction péritonéale.	Nombre de jours écoulés depuis la fin de la maladie.	Réactions à l'épreuve.	Variations de poids pendant la durée de l'épreuve.
B63....	4-14	2	3	12	0	+ 70
B60....	mort 8e j.	3	–	–	–	–
B64....	3-14	2	2	13	40° le 20e jour	+ 40
B62....	3-12	2	5	15	40° les 21, 24, 27e jours	+ 60
B61....	mort 9e j.	2	–	–	–	–
B59....	mort 8e j.	4	–	–	–	–
B17....	5-17	–	13	49	0	0
B18....	4-18	–	12	48	0	0
A70....	5-13	–	2	84	0	—100
A59....	mort 8e j.	–	–	–	–	–
A57....	mort 9e j.	–	–	–	–	–
A63....	3-15	2	1	90	40° le 3e jour	+ 50
A62....	mort 7e j.	–	–	–	–	–
A61....	5-17	–	–	90	40° les 27, 28e jours	— 60
A60....	mort 8e j.	2	–	–	–	–

Cobayes vaccinés avec l'antigène formolé.

Cobaye.	Suspension.	Réaction géné-rale.	Réaction locale nodulaire.	Nombre de jours écoulés depuis la dernière injection.	Réaction à l'épreuve.	Variations de poids pendant la durée de l'épreuve.
B67	F95L...	o	o	10	o	o
B55	F92L...	o	+	15	o	+ 30
B54	F92L...	o	+	15	o	+ 30
B53	F93L...	o	+	15	o	+ 70
B56	F93L...	o	+	15	o	+100
B52	F94L...	o	+	15	40° le 2ᵉ jour	+ 40
B51	F94L...	o	+	15	o	+ 70
C24	F87L...	o	o	70	40° le 15ᵉ, 16ᵉ jour	— 50
A85	F87L...	o	o	70	o	+110
A86	F87L...	o	o	70	o	— 40
A87	F87L...	o	o	70	40° le 15ᵉ jour	+ 40
A82	F87L...	o	o	70	o	+ 20

Cobayes vaccinés avec l'antigène formolé. — Douze cobayes ont été vaccinés avec cinq suspensions différentes de rickettsies formolées provenant de passages lapin-lapin. Ils ont été éprouvés 10, 15, 70 jours après la dernière injection, avec le même produit virulent et la même dose de virus que les cobayes ayant fait une maladie grave.

A la suite de l'inoculation des suspensions, 6 animaux font une petite réaction locale nodulaire, sans aucune réaction thermique. A l'épreuve, 9 ne présentent aucune réaction thermique anormale, 2 ont une température à 40°, l'un le 2ᵉ, l'autre le 15ᵉ jour. Dans l'ensemble, ces animaux ont augmenté de poids, sauf deux.

Conclusion. — Les cobayes vaccinés par trois injections de suspensions de rickettsies formolées ont été protégés comme les cobayes ayant fait des maladies graves et n'ont pas réagi à l'inoculation d'au moins 1000 doses infectantes.

Ces constatations nous montrent que, chez ces animaux et dans les délais de l'expérience, les suspensions formolées ont un pouvoir protecteur aussi efficace qu'une affection grave.

A 16ʰ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ40ᵐ.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 FÉVRIER 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. **Armand de Gramont** est élu Membre de la *Commission des Beaux-Arts de l'Institut de France*, en remplacement de M. *Émile Picard* décédé.

Par l'unanimité des suffrages, MM. **Émile Borel** et **Élie Cartan** sont élus Membres du Conseil de l'*Institut de Mécanique* de la Faculté des Sciences de Paris.

NOMINATIONS.

MM. **Jules Drach** et **Louis Lumière** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du *Môle* Max-Laubeuf, à Cannes, le 1er mars 1942.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire des Pêches et productions coloniales d'origine animale du Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Robert Dollfus* obtient 21 suffrages contre 10 à M. *Théodore Monod*; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne M. *Théodore Monod* obtient 27 suffrages; il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne .... M. **Robert Dollfus**.
En seconde ligne .... M. **Théodore Monod**.

CORRESPONDANCE.

M. **Léon Guillet** adresse un Rapport relatif à l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1941.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme.* Note [1] de Mlle **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Paul Montel.

Nous avons établi [2] quelques propriétés des fonctions holomorphes dans une couronne, moyennant certaines hypothèses sur l'aire *décrite* par la fonction. Généralisant un résultat obtenu par M. Wolff [3], nous voulons montrer le parti que l'on peut tirer de telles hypothèses pour l'étude des valeurs limites de $f(z)$ lorsque z tend vers un point a de la frontière. Pour plus de commodité, nous supposerons $f(z)$ holomorphe dans la bande de plan B de la variable $z = x + iy$ $(0 < x \leqq x_0)$ avec l'hypothèse

$$\int_0^{x_0}\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x)\,|f'(x+iy)|^2\,dx\,dy < \infty \qquad [\varphi(x) \text{ continue} > 0].$$

Soit $a = it$ un point de l'axe $y'y$, $c_{\rho,a}$ la demi-circonférence $|z-a| = \rho$, $|\operatorname{Arg}(z-a)| < \pi/2$. Nous introduisons la longueur $\lambda(\rho, a)$ de la courbe $\gamma_{\rho,a}$ décrite par $f(z)$ quand z décrit $c_{\rho,a}$. En vertu de l'inégalité de Schwarz, et supposant $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \frac{\rho\,d\theta}{\varphi(\rho\cos\theta)} = g(\rho) < \infty$,

$$\lambda^2(\rho, a) = \left[\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} |f'(a+\rho e^{i\theta})|\,\rho\,d\theta\right]^2 \leqq \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \varphi(\rho\cos\theta)\,|f'|^2\,\rho\,d\theta \times \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \frac{\rho\,d\theta}{\varphi(\rho\cos\theta)},$$

$$\int_0^{R} \frac{\lambda^2(\rho, a)}{g(\rho)}\,d\rho < \mu(R, a) \qquad (R \leqq x_0),$$

en désignant toujours par $\mu(R, a)$ la charge portée par le cercle $|z-a| \leqq R$. D'après le lemme de Cartan-Ahlfors, le rapport $\mu(R, a)/h(R)$ est borné

[1] Séance du 2 février 1942.

[2] *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 50.

[3] *Proceedings de l'Académie d'Amsterdam*, **44**, 1941, p. 8.

en tout point a de $y'y$, excepté au plus sur un ensemble de h-mesure nulle $[h(\mathrm{R})$ fonction continue non décroissante de R, $h(o)\geqq o]$. En particulier, en tout point a, $\int_0^{\mathrm{R}} \frac{\lambda^2(\rho, a)}{g(\rho)} d\rho$ est borné.

Ceci montre que $\lambda(\rho, a)$ est borné si $o < \rho \leqq x_0$, sauf au plus pour un ensemble e de valeurs de ρ sur lequel $\int_e \frac{d\rho}{g(\rho)}$ est infiniment petit. Ce résultat est particulièrement intéressant si l'intégrale $\int_\varepsilon^{\mathrm{R}} \frac{d\rho}{g(\rho)}$ est divergente. Mais, dans tous les cas, sous la seule hypothèse $\int_0^{x_0} \frac{dx}{\varphi(x)} < \infty$, on peut montrer par un calcul analogue que, sur une plénitude de points $a = it$ de $y'y$, la longueur de la courbe décrite par $f(z)$ lorsque z décrit le segment $(y = t,\ x_0 \geqq x > o)$ est bornée, ce que nous avions obtenu ([2]) seulement sous l'hypothèse plus restrictive $\int_0^{x_0} \frac{dx}{\sqrt{x\varphi(x)}} < \infty$.

Appliquons ces considérations plus particulièrement aux fonctions $\zeta = f(z)$ univalentes dans le demi-plan droit $\mathrm{D}(x > o)$. $f(z)$ réalise la représentation conforme de D sur un domaine Δ. Sans restreindre la généralité, on peut supposer $f(z)$ bornée dans la bande $o < x \leqq x_0$. L'aire décrite par $f(z)$ est alors bornée, et l'on peut prendre $\varphi(x) = 1$, d'où $g(\rho) = \pi\rho$.

Conséquences. — 1° En tout point $a = it$, l'intégrale

$$(1) \qquad \int_0^{\mathrm{R}} \frac{\lambda^2(\rho, a)}{\rho} d\rho$$

est finie. Sauf pour un ensemble e de valeurs de ρ sur lequel $\int_e d\rho/\rho$ est infiniment petit, $\lambda(\rho, a)$ est borné, donc $f(z)$ a une limite unique si z tend angulairement vers l'un des points $i(t \pm \rho)$. L'ensemble E des points de $y'y$ ayant pour images des bouts premiers de 3e ou 4e espèce ([4]) (sans point accessible) est de longueur logarithmique nulle par rapport à tout point de $y'y$. $\int_{\mathrm{E}} dy/y - t < \varepsilon$, t fixé, quel que soit ε.

2° Étudions maintenant le problème local des limites au point a. Si $\lambda(\rho, a) \to o$ lorsque $\rho \to o$, les coupures $\gamma_{\rho,a}$ du domaine Δ, images de $c_{\rho,a}$, tendent vers le point accessible unique du *bout* (1re ou 2e espèce) ou définissent l'ensemble des points principaux (3e ou 4e espèce). La convergence de l'intégrale (1) montre que les points secondaires du bout sont des

---

([4]) CARATHÉODORY, *Math. Annalen*, 73, 1913, p. 362.

limites de $f(z)$ extrêmement rares au voisinage de a. Nous allons voir que ces limites ne peuvent être atteintes que sur des suites z_n tendant vers a tangentiellement à Oy ([5]). Si en particulier le bout possède un point accessible unique b, $f(z)$ a pour limite angulaire unique b.

Nous montrons d'abord que, si $\lambda_\varepsilon(\rho, a)$ désigne la longueur de la courbe image de la portion de $\gamma_{\rho,a}$ située dans l'angle $|\text{Arg}(z-a)| \leqq (\pi/2) - \varepsilon$ (ε fixé), $\lambda_\varepsilon(\rho, a) \to 0$ lorsque $\rho \to 0$.

Par application du théorème de Kœbe, employé avec succès par M. Wolff ([2]) dans ces questions, on démontre que le rapport $\lambda_\varepsilon(\rho)/\lambda_\varepsilon(R)$ est supérieur à une constante $k > 0$ fixe lorsque $R > \rho > R[1 - (\sin \varepsilon/2)]$.

Donc, si $z_1, z_2, \ldots, z_n, \ldots$ désigne une suite de points tendant vers a dans l'angle $|\text{Arg}(z-a)| < (\pi/2) - \varepsilon$, telle que $f(z_n) \to b$, alors $f(z''_n) \to b$ si $z''_n = it + \rho_n$, $\rho_n = |z_n - a|$.

Nous savons d'autre part que si $z \to a$, $xf'(z) \to 0$. Posons $z'_n = it + \rho'_n$. La longueur l_n de l'image du segment $z'_n z''_n$ satisfait à $l_n/\log(\rho'_n/\rho_n) \to 0$ si $\rho'_n \to 0$, $\rho_n \to 0$.

De la convergence de l'intégrale (1), il résulte qu'on peut choisir dans chaque intervalle $\rho_n \geqq \rho \geqq 1/2\,\rho_n$, une valeur ρ'_n telle que $\lambda(\rho'_n, a) \to 0$, $l_n \to 0$; donc $f(z'_n) \to b$, et b est un point principal du bout.

On montre de façon analogue que, si b et c sont deux points principaux distincts du bout et si

$$f(z_n) \to b, \qquad f(w_n) \to c,$$

le rapport $(w_n - a)/(z_n - a)$ n'admet que les deux valeurs limites 0, ∞.

3° En tout point a, sauf au plus sur un ensemble de h-mesure nulle, le rapport $\frac{1}{h(R)}\int_0^R \frac{\lambda^2(\rho, a)}{\rho}\,d\rho$ est borné lorsque $R \to 0$. Soit L une courbe ayant en a avec l'axe $y'y$ un contact tel que $\rho h(\rho)/x$ reste borné si $z \to a$ sur L ($\rho = |z-a|$). Désignons par $\lambda_L(\rho, a)$ la longueur de la courbe image de la portion de $c_{\rho,a}$ comprise entre L et sa symétrique L' par rapport à la droite $y = t$. Nous montrons par un procédé analogue que $\lambda_L(\rho, a) \to 0$ lorsque $\rho \to 0$. Donc, les limites de $f(z)$ sur L, L' et pour toutes les suites de points z_n tendant vers a dans le domaine limité par L, L', se réduisent soit aux points principaux du bout, soit au point accessible unique s'il existe. Ce dernier cas sera réalisé si l'intégrale $\int_0^{x_0} \sqrt{h(R)}\,\frac{dR}{R}$ est finie, car aux points a considérés, d'après une démonstration antérieure ([2]) $\frac{xf'(z)}{\sqrt{h(\rho)}} \to 0$.

([5]) Ce résultat a été établi par M. E. Lindelöf (*Acta Soc. Sc. Fenn.*, 46, n° 4, 1915, p. 28).

Remarquons que cette dernière inégalité ne suffirait pas à montrer que $f(z)$ a une limite unique sur L.

Pour $h(\mathrm{R}) = \mathrm{R}$, nous retrouvons un résultat de M. Wolff [3].

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Théorie de la particule de spin maximum 2. Les tenseurs symétriques du second rang.* Note [1] de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Rappelons les résultats de la théorie à 16 composantes de la particule de spin maximum 1 [2]. Il est possible de définir deux tenseurs symétriques du second rang. Un tenseur $\overset{\rightarrow}{\vec{t}}$, dit *tenseur corpusculaire*, dont la définition fait intervenir les dérivées de la fonction d'ondes, et qui généralise le tenseur d'impulsion-énergie de la théorie de Dirac; un tenseur électromagnétique $\overset{\rightarrow}{\vec{m}}$, dont la définition ne fait pas intervenir les dérivées de la fonction d'ondes, et qui généralise le tenseur de Maxwell.

Dans la théorie de la particule de spin maximum 2 [3], nous pouvons définir :

1° Un tenseur $\overset{\rightarrow}{\vec{\mathrm{M}}}{}^{(1)}$ dont la définition généralise celle du tenseur électromagnétique de la théorie à 16 composantes

$$\begin{aligned}\mathrm{M}^{(1)}_{(ij)} = \frac{\mu_0 c^2}{12}\Phi^\star \{ & (\mathcal{A}_i \mathrm{B}_j + \mathcal{A}_j \mathrm{B}_i)\mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 + (\mathcal{A}_i \mathcal{B}_j + \mathcal{A}_j \mathcal{B}_i)\mathrm{A}_4 \mathrm{B}_4 + (\mathcal{A}_i \mathrm{A}_j + \mathcal{A}_j \mathrm{A}_i)\mathcal{B}_4 \mathrm{B}_4 \\ & + (\mathcal{B}_i \mathrm{B}_j + \mathcal{B}_j \mathrm{B}_i)\mathcal{A}_4 \mathrm{A}_4 + (\mathrm{A}_i \mathrm{B}_j + \mathrm{A}_j \mathrm{B}_i)\mathcal{A}_4 \mathcal{B}_4 + (\mathcal{B}_i \mathrm{A}_j + \mathcal{B}_j \mathrm{A}_i)\mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \}\Phi,\end{aligned}$$

$$\mathrm{M}^{(1)}_{00} = \frac{\mu_0 c^2}{6}\Phi^\star \{ \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 + \mathrm{A}_4 \mathrm{B}_4 + \mathcal{B}_4 \mathrm{B}_4 + \mathcal{A}_4 \mathrm{A}_4 + \mathcal{A}_4 \mathcal{B}_4 + \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \}\Phi;$$

2° Un tenseur corpusculaire $\overset{\rightarrow}{\vec{\mathrm{T}}}$ analogue à $\overset{\rightarrow}{\vec{t}}$

$$\begin{aligned}\mathrm{T}_{(ij)} = \frac{1}{4}\frac{hc}{2\pi i}\Bigg\{ & \Phi^\star \frac{\mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_i + \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_i + \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \mathcal{B}_i + \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_i}{4}\partial_j \Phi \\ & - \partial_j \Phi^\star \frac{\mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_i + \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_i + \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \mathcal{B}_i + \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_i}{4} + \text{sym. en } i, j \Bigg\},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathrm{T}_{00} = \frac{hc}{4\pi i}\Bigg\{ & \Phi^\star \mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 + \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 + \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 + \mathrm{B}_4 \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \frac{1}{c}\frac{\partial \Phi}{\partial t} \\ & - \frac{1}{c}\frac{\partial \Phi^\star}{\partial t}\mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 \mathrm{A}_4 + \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 \mathcal{B}_4 + \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \mathrm{B}_4 + \mathrm{B}_4 \mathrm{A}_4 \mathcal{A}_4 \Phi \Bigg\};\end{aligned}$$

---

(1) Séance du 26 janvier 1942.

(2) L. de Broglie, *Une nouvelle théorie de la lumière*, p. 186.

(3) M.-A. Tonnelat, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 187.

3° Un tenseur $\overset{\rightrightarrows}{\mathrm{M}}^{(2)}$ sans équivalent dans la théorie de la particule de spin 1

$$\mathrm{M}^{(2)}_{(ij)} = \frac{\mu_0 c^2}{12} \Phi^\star \{ (\mathcal{A}_i \mathrm{B}_j + \mathcal{A}_j \mathrm{B}_i) \mathcal{B}_\gamma \mathrm{A}^\gamma + (\mathcal{A}_i \mathcal{B}_j + \mathcal{A}_j \mathcal{B}_i) \mathrm{A}_\gamma \mathrm{B}^\gamma + (\mathcal{A}_i \mathrm{A}_j + \mathcal{A}_j \mathrm{A}_i) \mathcal{B}_\gamma \mathrm{B}^\gamma$$
$$+ (\mathcal{B}_i \mathrm{B}_j + \mathcal{B}_j \mathrm{B}_i) \mathcal{A}_\gamma \mathrm{A}^\gamma + (\mathrm{A}_i \mathrm{B}_j + \mathrm{A}_j \mathrm{B}_i) \mathcal{A}_\gamma \mathcal{B}^\gamma + (\mathrm{B}_i \mathrm{A}_j + \mathcal{B}_j \mathrm{A}_i) \mathcal{A}_\gamma \mathrm{B}^\gamma \} \Phi,$$

$$\mathrm{M}^{(2)}_{00} = \frac{\mu_0 c^2}{6} \Phi^\star \{ \mathcal{B}_\gamma \mathrm{A}^\gamma + \mathrm{A}_\gamma \mathrm{B}^\gamma + \mathcal{B}_\gamma \mathrm{B}^\gamma + \mathcal{A}_\gamma' \mathrm{A}^\gamma + \mathcal{A}_\gamma \mathcal{B}^\gamma + \mathcal{A}_\gamma \mathrm{B}_\gamma \} \Phi$$

avec

$$\mathcal{B}_\gamma \mathrm{A}^\gamma = \mathcal{B}_0 \mathrm{A}_0 - \mathcal{B}_p \mathrm{A}_p \qquad (p = 1, 2, 3).$$

Il est possible d'exprimer ces teneurs en fonction des grandeurs de la théorie de la particule de spin maximum 1. Nous connaissons l'expression des opérateurs $\mathcal{A}$, A, $\mathcal{B}$ et B en fonction des opérateurs a et b de cette théorie ([3]). D'autre part, en considérant Φ_{iklm} comme le produit $\psi_{il}\varphi_{mk}$ de deux fonctions d'ondes à seize composantes, on fait apparaître les grandeurs quadratiques de la théorie de la particule de spin maximum 1 : ρ_α, $m_{(\alpha\beta)}$ et Ω_1, c'est-à-dire quadrivecteur densité-flux, tenseur de Maxwell et invariant. On obtient ainsi

$$\mathrm{M}^{(1)}_{(\alpha\beta)} = \frac{\mu_0 c^2}{3} (\rho^{(1)}_\alpha \rho^{(2)}_\beta + \rho^{(2)}_\alpha \rho^{(1)}_\beta) + \frac{1}{6} (m^{(1)}_{(\alpha\beta)} \Omega^{(2)}_1 + m^{(2)}_{(\alpha\beta)} \Omega^{(1)}_1),$$

$$\mathrm{M}^{(2)}_{(\alpha\beta)} = \frac{1}{6 \mu_0 c^2} (m^{(1)}_{(\alpha\beta)} m^{(2)\gamma}_\gamma + m^{(2)}_{(\alpha\beta)} m^{(1)\gamma}_\gamma) + \frac{1}{3 \mu_0 c^2} (m^{(1)\gamma}_\alpha m^{(2)}_{(\beta\gamma)} + m^{(2)\gamma}_\alpha m^{(1)}_{(\beta\gamma)}),$$

$$\mathrm{T}_{(\alpha\beta)} = \frac{1}{2} (t^{(1)}_{(\alpha\beta)} \Omega^{(2)}_1 + t^{(2)}_{(\alpha\beta)} \Omega^{(1)}_1) + \frac{hc}{8\pi i} \{ (\psi^\star a_4 b_4 \partial_\alpha \psi - \partial_\alpha \psi^\star . a_4 b_4 \psi) \rho^{(2)}_\beta$$
$$+ (\rho^\star a_4 b_4 \partial_\alpha \varphi - \partial_\alpha \varphi^\star . a_4 b_4 \varphi) \rho^{(1)}_\beta + \text{sym. en } \alpha, \beta \};$$

les indices (1) et (2) qui apparaissent aux seconds membres se rapportent au premier et au deuxième corpuscule qui interviennent dans la fusion. On constate que

1° Dans le cas particulier de l'onde plane monochromatique ces trois tenseurs sont équivalents. On a en effet

$$\mathrm{M}^{(1)}_{(\alpha\beta)} = \mathrm{M}^{(2)}_{(\alpha\beta)} = \mathrm{T}_{(\alpha\beta)}; \qquad \mathrm{M}^{(1)}_{00} = \mathrm{M}^{(2)}_{00} = \mathrm{T}_{00} = \rho \mathrm{W}.$$

2° Dans le cas général il n'en est pas ainsi. Bornons-nous alors au cas de spin total $j = 1$ pour comparer les résultats obtenus avec ceux de la théorie de la particule de spin maximum 1, et de la théorie de Maxwell. Nous connaissons les expressions de ρ_α, $m_{(\alpha\beta)}$, Ω_1, en fonction des grandeurs de la théorie à 16 composantes. Nous connaissons également, d'après la constitution même de la fonction d'ondes, la valeur des grandeurs

relatives à la particule de spin maximum 2 en fonction des grandeurs relatives à la particule de spin maximum 1 (celles-là étant obtenues par fusion symétrique et antisymétrique à partir de celles-ci). Finalement, on peut exprimer les trois tenseurs $\vec{\vec{M}}^{(1)}$, $\vec{\vec{M}}^{(2)}$ et $\vec{\vec{T}}$ en fonction des grandeurs de la théorie de la particule de spin maximum 2. Voici les résultats obtenus :

$$(1)\quad M^{(1)}_{00} = 3\mathcal{E}_{00} - \partial^p F^{(1)}_{p00} = 3\mathcal{M}_{00} - \partial^p F'^{(1)}_{p00}, \qquad T_{00} = 3\mathcal{E}_{00} - \partial^p F^{(3)}_{p00} = 3\mathcal{M}_{00} - \partial^p F'^{(2)}_{p00},$$
$$M^{(2)}_{00} = 3\mathcal{E}_{00} - \partial^p F^{(2)}_{p00} = 2\mathcal{M}_{00} - \partial^p F'^{(3)}_{p00},$$

avec

$$\mathcal{E}_{00} = -\frac{k^2\mu^2}{2}(\chi^\star_{[p4]}\psi_{4p} + \chi^\star_p\psi_{[p4]4} + \text{conj})$$
$$= \frac{1}{2c}\left\{\left(\vec{A}^\star\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) - \left(\vec{E}^\star\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right) + \left(\frac{\partial\vec{E}^\star}{\partial t}\vec{A}\right) - \left(\frac{\partial\vec{A}^\star}{\partial t}\vec{E}\right)\right\},$$
$$\mathcal{M}_{00} = k^2\mu^2\left(|\chi_{[p4]}|^2 + \frac{1}{2}|\chi_{[pq]}|^2 + |\chi_p|^2 + |\chi_4|^2\right) = |\vec{E}|^2 + |\vec{H}|^2 + \mu^2(|\vec{A}|^2 + (\nu)^2),$$

et les $\partial^p F_{p00}$ étant les divergences d'expressions bilinéaires en $\Phi^\star$ et Φ.

L'intervention du facteur 3 dans (1) est normale, car $j = 1$ décrit, dans cette théorie, le comportement de trois particules du type photon.

D'après leurs définitions, on pouvait penser que les tenseurs $M^{(1)}$ et $M^{(2)}$ étaient du type électromagnétique, et T du type corpusculaire. Mais, quand on exprime ces tenseurs en fonction des grandeurs potentiels et champs du cas $j = 1$, on s'aperçoit qu'aucun d'eux n'est du type purement maxwellien. En effet, les dérivées des potentiels et des champs sont implicitement contenues dans les définitions mêmes de ces tenseurs puisqu'elles figurent dans le développement de la fonction d'ondes.

Remarquons enfin que, dans la théorie à 16 composantes, m_{00} seul avait une expression définie positive. Ici, non seulement t_{00} mais encore les m_{00} n'ont pas des expressions définies positives. Les représentations d'une densité d'énergie que donnent T_{00} et les M_{00} sont, en première analyse, très voisines. $M^{(1)}_{00}$, $M^{(2)}_{00}$ et T_{00} ne diffèrent des expressions classiques $\mathcal{M}_{00}$ et $\mathcal{E}_{00}$ que par des termes contenant les dérivées des potentiels et des champs, tandis que la théorie de Maxwell suppose toujours que le champ électromagnétique suffit à exprimer correctement la densité d'énergie, sans que l'intervention de ces dérivées soit nécessaire. On constate, en se bornant au cas $j = 1$:

1° que pour une onde plane monochromatique les trois tenseurs coïncident. En particulier

$$(M^{(1)}_{00})_{j=1} = (M^{(2)}_{00})_{j=1} = (T_{00})_{j=1} = \rho W;$$

2° que dans le cas général $j=1$ les trois tenseurs coïncident intégralement. En effet, les expressions ci-dessus sont des expressions locales, mais on a toujours l'égalité en intégrant dans un domaine D.

Aussi, on peut penser que dans le cas d'une onde quelconque, la véritable signification physique réside précisément dans de telles intégrales.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Bandes moléculaires dans le violet et le proche ultraviolet du spectre de Mira Ceti.* Note [1] de M. **Henri Grouiller**, présentée par M. Charles Fabry.

1. Chez les étoiles géantes de type avancé, les bandes moléculaires, très intenses dans le spectre visible, s'affaiblissent très rapidement vers les plus courtes longueurs d'onde, devenant presque imperceptibles dans le violet et le proche ultraviolet. Elles ont été généralement mal observées dans cette région, l'optique employée ne permettant pas l'obtention de spectres assez intenses dans ce domaine des radiations les plus réfrangibles. Nous avons, en conséquence, utilisé pour leur recherche les clichés de Mira Ceti de R. Tremblot, dont nous avons donné récemment une analyse sommaire [2] et qui sont bien adaptés à ce but.

La recherche s'est surtout localisée sur l'oxyde de titane TiO et sur les composés carbonés CH et CN (hydrocarbures et cyanogène). On ne pouvait espérer trouver des têtes de bandes des autres oxydes qui, dans le spectre visible, sont déjà beaucoup plus faibles que celles de TiO, et l'on sait, d'autre part, que la molécule de carbone C^2 est exclue des atmosphères des étoiles à oxydes.

2. *Oxyde de titane* TiO. — On observe les dernières têtes de bandes des plus courtes longueurs d'onde du système bleu vert ${}^3\Pi_{0,1,2}-{}^3\Pi_{0,1,2}$. Les têtes les mieux caractérisées sont les suivantes :

Désignation.	Longueur d'onde Observée.	Longueur d'onde Laboratoire.	Désignation.	Longueur d'onde Observée.	Longueur d'onde Laboratoire.
(7,1) Ra..... Rb.....	4172,53	–	(7,2) Rc.....	4353,53	53,52
			(8,3) Rc.....	4395,34	95,52
Rc.....	4174,18	74	(4,0) Ra..... Rb.....	4422,68	21,59
(9,3) Rc.....	4254,35	54			
(5,0) Ra..... Rb.....	4272,03	70	(9,4) Ra..... Rb.....	4436,25	36,51
(6.1) Rc.....	4314,76	–	Rc.....	4437,64	–

[1] Séance du 2 février 1942.

[2] *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 211.

Pour l'identification précise des têtes de bandes les plus faibles, on est gêné par la pauvreté de la documentation de laboratoire dans le bleu et le violet : à partir de 4350 Å, on ne possède plus, en effet, qu'une demi-douzaine de mesures de King ([3]) qui ne sont données qu'à l'angström près et qui s'accordent assez mal avec les longueurs d'onde calculées à l'aide de la formule de Christy ([4]).

3. *Hydrocarbures* CH. *Bande* $^2\Delta - {}^2\Pi(0,0)$. — 184 raies de rotation de cette bande ont été identifiées dans le spectre solaire ([5]), alors que, dans le spectre de Mira Ceti, on ne trouve de coïncidences que pour 16 d'entre elles, dont 12 sont très douteuses en raison de raies atomiques voisines qui les expliquent mieux. Il ne reste donc que 4 raies susceptibles d'être retenues, et non des plus intenses, proportion beaucoup trop faible pour permettre de considérer la présence de cette bande comme établie. Son maximum d'intensité se présente, cependant, au laboratoire, comme un phénomène assez saillant ([6]), vers 4315 Å, mais, dans le spectre de Mira Ceti, il tombe à l'intérieur de la bande $\alpha(6,1)$ de TiO et au voisinage d'une forte raie de Ti I à 4314 Å.

Bande $^2\Sigma - {}^2\Pi(0,0)$. — Des 40 raies de rotation de cette bande non recouvertes par des raies atomiques, Richardson ([5]) a pu, dans le spectre solaire, en identifier 29, soit 72,5 %. Dans le spectre de Mira Ceti, on ne trouve que 5 coïncidences, dont 4 peu probantes par suite du voisinage de raies atomiques intenses. Au laboratoire, le maximum d'intensité de cette bande est beaucoup moins intense et moins condensé que celui de la bande 4315 Å. D'autre part, dans Mira Ceti, il est voisin de la tête de la bande (0,0), du système violet du cyanogène qui est dégradée vers le violet, tandis qu'elle-même est dégradée vers le rouge : les deux bandes peuvent donc se masquer l'une l'autre.

Il n'y a, en définitive, que très peu de probabilité pour qu'on puisse affirmer la présence de CH dans Mira Ceti.

4. *Cyanogène* CN. — Le système violet $^2\Sigma - {}^2\Sigma$ des bandes du cyanogène a deux de ses séquences comprises dans le domaine spectral observé sur les spectres de Mira Ceti de Forcalquier. On donne, ci-après, les longueurs d'onde des têtes de bande les mieux connues de ces deux séquences et les coïncidences observées dans le spectre de Mira :

([3]) *Publ. Soc. Astron. Pacific.*, 38, 1926, p. 173.
([4]) *Phys. Review*, 33, 1929, p. 701.
([5]) *Pap. Mount Wilson Obs.*, 3, 1, 1928, p. 238; *Astroph. Journ.*, 77, 1933, p. 195.
([6]) JEVONS, *Report on Band-Spectra*, 1932, p. 83.

Séquence o.

Laboratoire.	Mira Ceti.		Laboratoire.	Mira Ceti.	
(0,0) 3883,4......	3883,37	3	(2,2) 3861,8......	3861,92	3
(1,1) 3871,4......	3871,32	2	(3,3) 3854,7......	3854,52	1

Séquence —1.

(1,0) 4216,0......	4216,62	2	(4,3) 4167,7......	4167,75	4
(2,1) 4197,1......	–	–	(5,4) 4158,0......	4158,44	1
(3,2) 4181,0......	4181,05	2	(6,5) 4152,4......	4152,30	4

Pour la séquence o, les coïncidences ne peuvent pas s'expliquer par des raies atomiques, tandis qu'il leur correspond de nombreuses raies du cyanogène. Il y a, d'autre part, sur les enregistrements, une dépression, entre les longueurs d'onde 3881 et 3885 Å, à l'emplacement de l'arête de la séquence et de la tête de la bande (0,0), ainsi que d'autres dépressions plus faibles mais, elles aussi, dégradées vers le violet, à l'emplacement des têtes des bandes (1,1), (2,2) et (3,3). La séquence —1 est moins bien représentée, quelques coïncidences étant inexistantes (2,1), ou mauvaises (1,0), et les enregistrements ne présentant pas d'absorptions caractéristiques sensibles aux emplacements des têtes de bandes.

D'autre part, le pourcentage des coïncidences entre les raies de rotation des bandes du cyanogène observées dans le spectre solaire et les raies d'absorption du spectre de Mira Ceti est

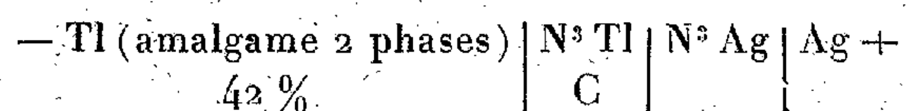
Séquence o 63 %; Séquence —1 38 %;

il est élevé pour la séquence o, surtout si l'on tient compte de ce que beaucoup de ces raies sont faibles sur le Soleil, très peu dépassant l'intensité o. Il est plus faible pour la séquence —1, comme on pouvait s'y attendre en raison de ce qui précède et de la faiblesse encore plus grande des raies de cette séquence qui, pour la plupart, ne dépassent pas, sur le Soleil, les intensités —1 et —2,

ÉLECTROCHIMIE. — *Activité moyenne des solutions d'azoture de thallium.* Note de Mme **Marie-Louise Brouty**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le coefficient d'activité moyen de l'azoture de thallium en solution, à différentes concentrations, est déterminé expérimentalement par la méthode des f. é. m.

Les mesures sont effectuées à 25° sur la chaîne électrolytique



La f. é. m. de cette pile (pile sans transport) est

$$E = E_0 - \frac{RT}{F} \operatorname{Log} C^2 (f_{Tl^+} . f_{N_3^-}) = E_0 - \frac{2RT}{F} \operatorname{Log} C f,$$

en tenant compte de la relation

$$f = (f_{Tl^+} . f_{N_3^-})^{\frac{1}{2}} \quad \text{(cas d'un électrolyte mono-monovalent),}$$

où E_0 représente la f. é. m. de la pile dans l'état de référence (potentiel normal), f le coefficient d'activité moyen, f_{Tl^+} et $f_{N_3^-}$ les coefficients d'activité individuels des ions.

Pour déterminer f à partir des mesures de f. é. m., il suffit de connaître E_0 avec précision.

Les f. é. m. sont mesurées par la méthode d'opposition à 1.10^{-4} V. près.

Les produits utilisés pour la préparation des solutions et des électrodes ont été recristallisés. L'eau bidistillée employée a pour conductibilité $1,5.10^{-6}$ (ohms-cm^{-1}). L'azoture de thallium est préparé en ajoutant une solution d'azoture de sodium 0,1 M à une solution 0,1 M de nitrate de thallium à la température ordinaire. L'azoture de Tl précipité à l'état de poudre légèrement jaunâtre, après lavage à l'eau bidistillée, est essoré et séché sur plaque au dessiccateur. L'amalgame de Tl à 42 % de Tl est préparé par dissolution de Tl pur, dans le mercure, sous une solution de NO^3Tl légèrement acide dans une atmosphère d'azote. Les solutions d'azoture de Tl sont obtenues par dilution à partir d'une solution mère (0,0145 M) préalablement dosée à l'état d'azoture d'Ag. Les électrodes à azoture d'argent sont préparées de la manière suivante : une spirale de platine soudée dans un tube de cristal est argentée dans une solution de cyanure double d'argent et de potassium, puis enrobée dans une pâte de Ag^2O qu'on réduit ensuite au four électrique à 400° de façon à obtenir une masse d'argent pur, poreuse et adhérente au platine. L'azoturation se fait par électrolyse d'une solution d'azoture de sodium en utilisant l'électrode d'argent comme anode. Les mesures faites sur 6 électrodes différentes pendant 15 jours montrent que les électrodes ainsi préparées sont aussi constantes et aussi fidèles que les électrodes à argent-chlorure d'argent. Leur potentiel normal par rapport à l'électrode à hydrogène est, à 25°, 2945.10^{-4} V.

La f. é. m. de la pile sans transport est reproductible et l'écart maximum par rapport à la moyenne des mesures sur quatre piles pour une même concentration est rarement supérieur à 2.10^{-4} V.

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau suivant :

N^3Tl (*).....	0,0145.	0,0096.	0,0072.	0,0051.	0,0029.	0,0023.	0,0019.	0,0012.	0,0010.
E (10^{-4} V)....	8535	8740	8878	9036	9327	9435	9532	9785	9878
E'_0 (10^{-4} V)...	6360	6351	6345	6339	6329	6325	6321	6314	6310
f...........	0,886	0,902	0,912	0,923	0,941	0,947	0,954	0,969	0,971

(*) C mol-g/l. sol.

La détermination de E_0 peut se faire comme nous l'avons exposé précédemment (1), soit par la méthode d'extrapolation de Lewis, soit par la méthode de La Mer. La méthode de Lewis ne conduit pas à des résultats satisfaisants. La portion rectiligne de la courbe $E'_0 = f(\sqrt{\mu})$ (E'_0 représentant la quantité $E + 2RT/F \log C$, et μ la force ionique du milieu, dans ce cas $2c$) est trop réduite pour que l'extrapolation soit rigoureuse. De plus la pente de la tangente à la courbe aux derniers points est différente de celle prévue par la théorie de Debye-Hückel. La valeur de E_0 ainsi obtenue serait 6290 ± 2.10^{-4} V.

La méthode de La Mer, qui utilise pour le calcul de E_0 les valeurs de $\log f$ calculées, dans un domaine restreint de concentration, pour un électrolyte $1-1$, par la formule

$$\log f = -M\frac{\varepsilon^2}{DkTa}\frac{1}{2}\frac{x}{1+x} + M\left(\frac{\varepsilon^2}{DkTa}\right)^3\left[\frac{1}{2}X_3(x) - 2Y_3(x)\right] + M\left(\frac{\varepsilon^2}{DkTa}\right)^5\left[\frac{1}{2}X_5(x) - 2Y_5(x)\right]$$

avec

$$x = Aa\sqrt{2c},$$

a représentant le rayon ionique moyen de l'électrolyte [les autres lettres ont la même signification que précédemment (1)], conduit à la valeur

$$E_0 = 6298 \pm 1.10^{-4}\,V,$$

qui correspond à un rayon ionique moyen $a = 4,5$ Å. Cette valeur de E_0, assez différente de celle obtenue par l'extrapolation de Lewis, paraît *a priori* être la plus correcte.

A partir de cette valeur de E_0, les coefficients d'activité sont calculés pour

(1) M.-L. Brouty et A. Ghiggino, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 298.

toutes les concentrations par la relation

$$E_0' = E_0 - \frac{2RT}{F}\log f.$$

Les valeurs de f ainsi obtenues sont données dans le tableau précédent.

SPECTROSCOPIE. — *Distribution de l'énergie dans le spectre de phosphorescence de l'oxygène.* Note (1) de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, transmise par M. Charles Fabry.

On sait que, si l'on excite par une décharge condensée un mélange d'oxygène et d'azote pris sous faible pression, il y a émission d'un rayonnement de phosphorescence dont la durée atteint souvent plusieurs minutes. Ce phénomène a été découvert par Becquerel et étudié par Strutt, Stoddart et autres. La couleur de cette phosphorescence varie avec la pression et la composition du mélange. Une partie de l'émission semble due à la molécule NO^2. Toutefois Lord Rayleigh (R. J. Strutt) pense avoir excité la phosphorescence de l'oxygène pur. Dans ce cas, il faudrait alors admettre une origine différente. On a fait de nombreuses hypothèses pour expliquer cette phosphorescence, la plupart sont assez confuses.

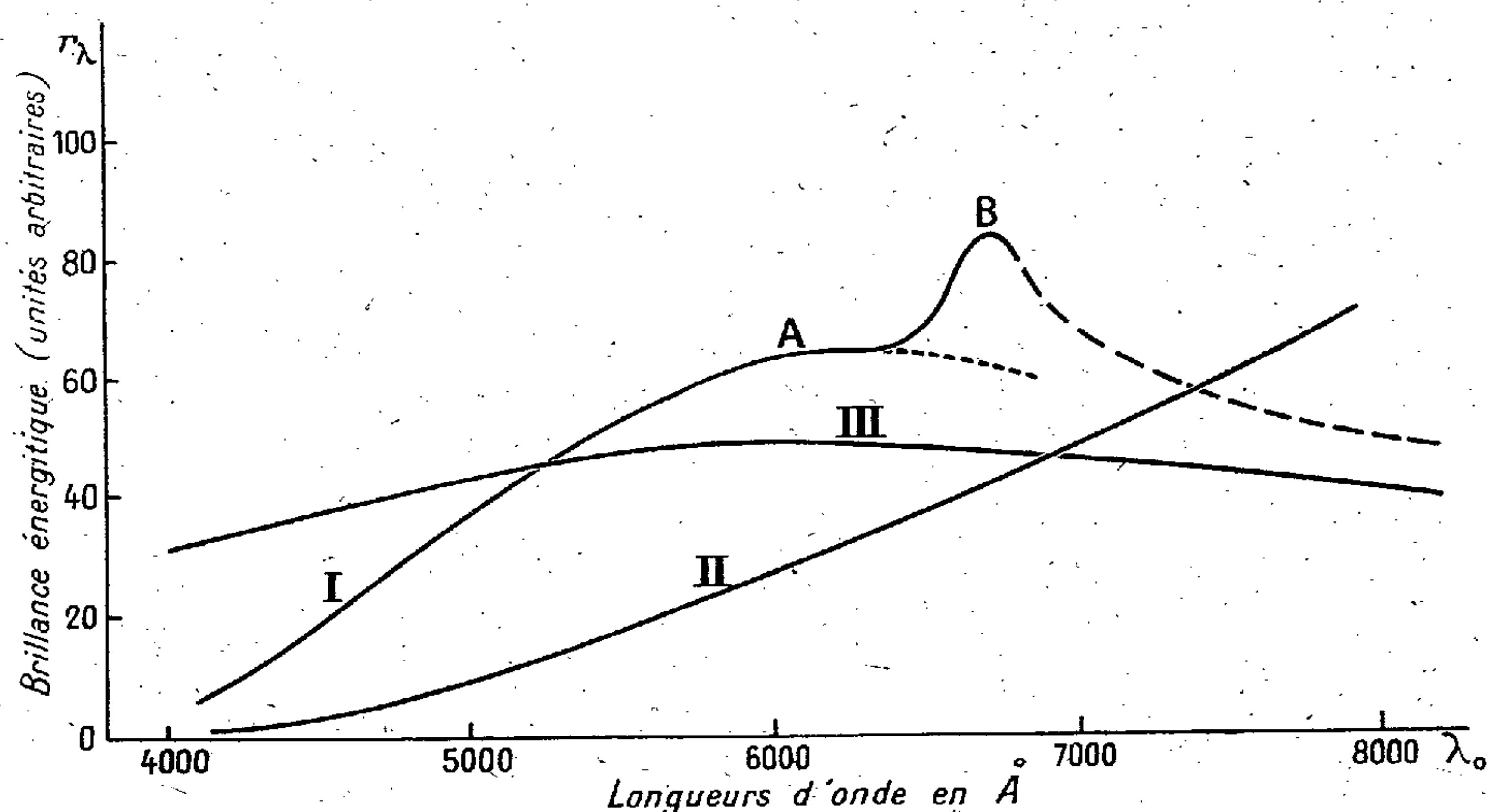
La variation de coloration du rayonnement de phosphorescence semble indiquer qu'il y a superposition de plusieurs émissions. Nous avons cherché à mettre en évidence ces différentes émissions en étudiant la répartition de l'énergie dans le spectre de la phosphorescence émise par de l'oxygène contenant des traces d'azote sous une pression totale de 10mm de mercure environ.

Dans le dispositif expérimental que nous avons utilisé dans ce but, l'oxygène est obtenu par décomposition de MnO^4K par la chaleur. Le tube à décharge communique avec un récipient de 6l environ constituant une réserve d'oxygène. Celui-ci est en effet adsorbé au cours du fonctionnement et, malgré la réserve, il est nécessaire d'en ajouter de temps en temps. On excite le tube à l'aide d'une décharge non condensée fournie par un transformateur de 2000 V dont on interrompt le courant d'alimentation quatre fois par seconde à l'aide d'un contact tournant. On photographie le spectre du rayonnement de phosphorescence soit par poses discontinues

(1) Séance du 29 janvier 1942.

prises immédiatement après la décharge en visant dans le tube à électrodes, soit par poses continues en visant dans un tube latéral où diffuse le rayonnement verdâtre de phosphorescence. Celui-ci disparaît rapidement quand la température s'élève; il faut donc éviter l'échauffement du tube pendant le fonctionnement. Dans ce but, on refroidit énergiquement le tube à électrodes par un courant d'air rapide.

Nous avons comparé la répartition spectrale de l'énergie dans le rayonnement de phosphorescence à la répartition spectrale de l'énergie dans le rayonnement d'une lampe à incandescence ayant une température de



couleur de 2538°K. La lampe est alimentée par une batterie d'accumulateurs de 8 volts. La constance du régime de la lampe est assurée à l'aide d'un pont de Ribaud (²). Nous avons gradué les plaques photographiques à l'aide d'un échelon placé sur la fente d'un spectrographe à optique de verre (ouverture $f/6{,}3$; distance focale 27^{cm}).

La courbe I de la figure représente l'allure générale de l'émission de phosphorescence. La courbe II représente l'émission du corps noir à 2538°K. L'aspect de la courbe I paraît indiquer que la phosphorescence étudiée se compose en réalité de deux bandes; une très large bande A qui s'étend à partir de 3900 Å jusque dans l'infrarouge avec un maximum vers 6200 Å d'une part, et, d'autre part, une bande B, plus étroite, présentant un maximum vers 6700 Å. Nous avons tracé également sur la figure, à

(²) H. GROUILLER, *Thèse* (*Publications de l'Observatoire de Lyon*, 2, 1938, p. 312).

titre de comparaison, la courbe III représentant l'émission du corps noir à 4730° K., dont le maximum d'émission se trouve dans la même région que le maximum de la bande A.

Ces deux bandes semblent provenir de deux passages électroniques différents. On conçoit dès lors que le rapport de leurs intensités dépende des conditions d'excitation. Lorsque la pression augmente, l'excitation diminue et l'intensité relative de B augmente. Au contraire, lorsque la pression diminue, c'est l'émission de la bande A qui l'emporte. Les variations de coloration avec la pression et avec la composition du gaz en expérience s'expliquent ainsi tout naturellement.

L'intensité de la bande A décroît vers les courtes longueurs d'onde et tend vers zéro quand la longueur d'onde tend vers 3900 Å. Cette fréquence limite est à rapprocher des perturbations de structure qui apparaissent dans la bande d'absorption de NO^2 vers 3700-3800 Å ([3]). Elle serait aussi en accord avec le rendement quantique de fluorescence, qui diminue considérablement à partir de 3700 Å vers les courtes longueurs d'onde en même temps que la décomposition photochimique de NO^2 augmente (Norrish). Cette limite du spectre de phosphorescence du côté des courtes longueurs d'onde serait en faveur de l'attribution de l'émission de la bande A à la molécule NO^2.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches radiobiologiques sur la taille et la structure du virus herpétique.* Note ([1]) de M. **Paul Bonét-Maury**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'action du radon sur le virus vaccinal nous a fourni ([2]), par la méthode d'irradiation, une évaluation raisonnable des dimensions de ce virus : $d = 220^{m\mu}$. L'irradiation du virus herpétique s'effectue dans des conditions analogues.

Une émulsion au 1/10e de cerveau de lapin, infecté par la souche herpétique B, est rapidement centrifugée (3000 tours, 5 minutes), puis ultrafiltrée par une membrane de 1 μ. La suspension fine obtenue est

---

([3]) V. Henri, *Nature*, 125, 1930, p. 202.

([1]) Séance du 19 janvier 1942.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1117. Deux chiffres de cette Note sont à rectifier : le diamètre brut $d = 260$ au lieu de $280^{m\mu}$, et le diamètre corrigé $d = 220^{m\mu}$ au lieu de $230^{m\mu}$.

soumise dans des ampoules spéciales à l'action du rayonnement total du radon.

Titrage de l'activité du virus. — Une des principales difficultés d'expériences de ce type réside dans une bonne détermination du titre du virus, avant et après l'irradiation; la précision sur le résultat final dépend en effet étroitement du titrage, car la dose de rayonnement se mesure par les méthodes classiques de la radioactivité, avec moins de 5 % d'erreur. Nous avons déjà insisté sur ce point ([2]) et montré ([3]) que ce titrage pouvait être très amélioré par l'emploi des méthodes statistiques utilisées en pharmacodynamie. Avec A. Vaisman, qui s'est chargé de la partie biologique de ces expériences, nous avons utilisé la méthode suivante :

Pour chaque suspension à titrer, on prépare les dilutions 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, et, avec chacune d'elles, on injecte 10 souris; chaque animal reçoit, par voie intracérébrale, $0^{cm^3},05$ de virus dilué. La statistique de mortalité est dressée au bout de 15 jours d'observations quotidiennes et les résultats sont confirmés histologiquement. Par la méthode de Dragstedt-Lang (ou des observations accumulées) ([3]), on détermine la *dilution* 50 % ou dilution provoquant une mortalité de 50 % des animaux injectés. On calcule également, pour chaque dilution, la *survie moyenne*; nous avons montré ([3]) que ce nombre, proportionnel sensiblement au logarithme de l'inverse de la dilution (ou *p*D des auteurs américains), permet une deuxième mesure statistique de l'activité du virus. A chaque concentration virulente correspond, en effet, une certaine vie moyenne, et la détermination expérimentale d'une vie moyenne permet le repérage d'une dilution, choisie arbitrairement pour caractériser le titre du virus; nous avons utilisé la dilution 8 jours, survie moyenne de la dilution 50 % de la souche B. Dans le tableau I sont comparés les résultats des deux méthodes, appliquées au titrage de quatre passages de la souche herpétique B.

Passage	1.	2.	3.	4.
I. Méthode des accumulations :				
a. Dilution 50 % (D. L. 50)	6.10^{-4}	3.10^{-4}	5.10^{-4}	3.10^{-4}
b. Survie moyenne correspondante (en jours)	8,0	8,3	7,8	7,8
II. Méthode de la survie moyenne, dilution 8 jours	6.10^{-4}	6.10^{-4}	4.10^{-4}	2.10^{-4}
III. Moyenne des deux méthodes	6.10^{-4}	$4,5.10^{-4}$	$4,5.10^{-4}$	$2,5.10^{-4}$

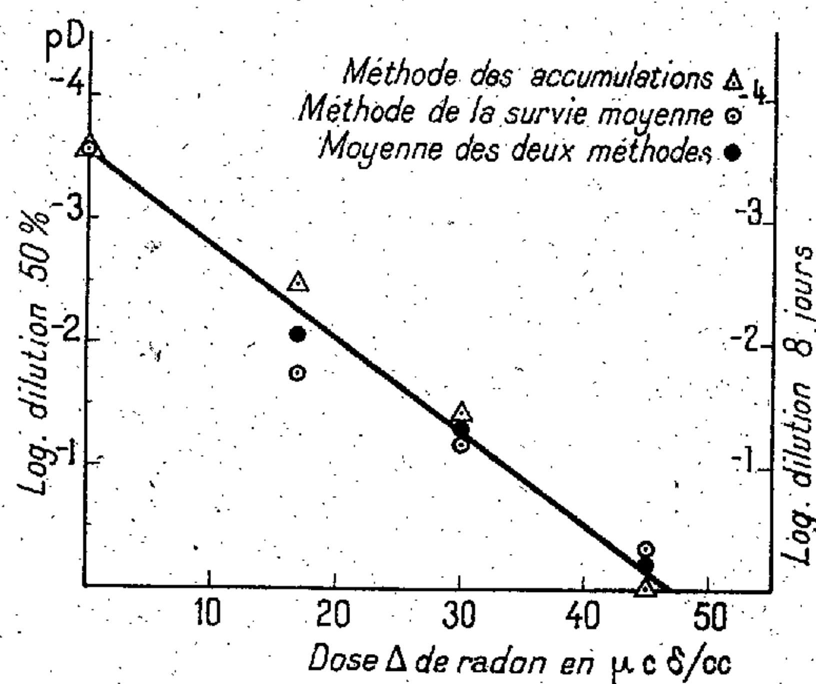
L'accord entre les deux méthodes, fondées sur des principes très différents, est satisfaisant; la constance de la vie moyenne correspondant aux dilutions 50 % des quatre titrages, soit 8,0 jours, indique une bonne unifor-

---

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 385.

mité du matériel animal utilisé. Il est intéressant de constater que les titres des différents passages sont très voisins; il semble que la multiplication du virus dans le cerveau infecté ne puisse dépasser une valeur limite, entraînant la mort de l'animal.

Évaluation de la taille du virus. — La courbe ci-dessous, d'inactivation



du virus herpétique soumis au rayonnement total du radon, a été tracée en coordonnées semilogarithmiques et chaque point résume les résultats fournis par 30 souris. On constate que l'accord entre les deux méthodes de titrages reste bon et que les valeurs moyennes se placent sensiblement sur une droite. Cela signifie que la courbe est une exponentielle et que l'atteinte du virus par une seule particule α suffit pour inactiver une unité infectieuse du virus; la théorie quantique des actions radiobiologiques permet de calculer la *section efficace* ou *surface sensible* offerte au rayonnement par les particules de virus. Son diamètre, pour les particules du radon, est lié à la dose de rayonnement Δ_{10} réduisant de 1/10e l'activité du virus, par la formule $d = 980/\sqrt{\Delta_{10}}\,\mathrm{m}\mu$, Δ_{10} étant exprimé en $\mu c\,\delta/\mathrm{cm}^3$.

Le calcul donne $d = 260\,m\mu$, dont il faut déduire le diamètre du cylindre d'ionisation de la particule α, soit d'après Iaffé [4] $40^{m\mu}$; on trouve un diamètre corrigé égal à $220^{m\mu}$, soit la même valeur que pour le virus

[4] Cette valeur paraît être un maximum et, d'après certains physiciens, elle serait dix fois plus petite, c'est-à-dire négligeable; nous avons entrepris avec M. Frilley de fixer directement sa valeur par une méthode photographique.

vaccinal. Cette valeur, inférieure à celles fournies par l'ultrafiltration ([5]), est, comme pour le virus vaccinal, en bon accord avec celles de l'ultracentrifugation de Bechold et Schlesinger ([6]), soit 200-222$^{m\mu}$.

Cet accord suggère l'idée d'une coïncidence de la section efficace d'irradiation avec le contour réel de la particule infectieuse. Il y aurait là un indice de non-organisation du virus, c'est-à-dire un argument en faveur d'une macromolécule entièrement radiosensible.

Nous avons constaté que le virus herpétique, inactivé par irradiation α, ne présente aucune propriété vaccinante. Il y a là un autre argument contre la conception du virus inframicrobe, car on a de fortes raisons de penser que les microbes, rendus avirulents par irradiation, conservent tout ou partie de leurs propriétés immunologiques (Bonét-Maury et Olivier).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Une mesure directe de la vie moyenne du méson au repos.* Note ([1]) de MM. **Roland Maze** et **Robert Chaminade**, présentée par M. Charles Maurain.

1. On sait que l'anomalie d'absorption du méson dans l'air, par rapport à l'absorption dans la matière dense, est une preuve indirecte de sa désintégration. Identifié avec le *quantum lourd* de Yukawa, il doit disparaître après une vie très courte, en donnant un électron d'une énergie cinétique d'environ 40 MeV.

De nombreuses mesures indirectes ont donné des valeurs de la vie moyenne comprises entre 10^{-6} et 4.10^{-6} sec.

Les estimations les plus récentes de Rossi, Pomerantz et Barnothy sont comprises entre 10^{-6} et 2.10^{-6} sec. Les calculs font appel à différentes données et hypothèses peu précises telles que la masse, la perte d'énergie, et la hauteur de production.

2. Nous avons montré ([2]), par une expérience utilisant notre technique

---

([5]) $d = 100\text{-}150^{m\mu}$ d'après Elford, Perdreau et Smith (*J. of Pathology et Bacteriology*, 36, 1933, p. 49). D'après Levaditi, Païc et Krasenoff, $d = 100\text{-}300^{m\mu}$ (*C. R. Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 805); la moyenne de ces dernières valeurs, soit $200^{m\mu}$, serait proche cependant de la nôtre.

([6]) Bechold et Schlesinger, *Zeitschr. Hyg.*, 115, 1935, p. 342.

([1]) Séance du 19 janvier 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 381-383.

des coïncidences de chocs asynchrones, qu'il était possible de sélecter une partie des électrons provenant de la désintégration du méson dans une masse de plomb ou d'aluminium.

Confirmant ces premiers résultats et poursuivie pendant plus de 2000 heures, cette expérience nous a permis d'évaluer directement la vie moyenne de la particule.

3. Le principe de la mesure est le suivant :

On sait que l'électron de désintégration est produit avec un retard variant suivant une loi de probabilité exponentielle. Soit un filtre de mésons, composé de deux compteurs en position verticale, et d'une épaisseur de 10^{cm} de plomb; soit, d'autre part, un troisième compteur placé en dehors du faisceau de mésons et à côté d'une épaisseur d'aluminium de 6^{cm} dont on veut apprécier l'effet. Le nombre de mésons traversant le filtre est environ 500 par heure.

A l'aide d'un appareil spécial permettant d'introduire dans chaque circuit de détection un retard des chocs réglable, t, on ajuste, entre les compteurs et le sélecteur de coïncidences, deux retards égaux à T ($1,2.10^{-5}$ sec) pour le filtre, et un retard variable autour de cette valeur T pour le troisième compteur.

Si les retards sont égaux, on obtient des coïncidences dues à des rayons simultanés, ce sont des gerbes. Autour de cette position de synchronisme, on dispose d'une bande de réglage Δt au delà de laquelle le nombre de coïncidences devient très faible; autrement dit, les chocs ne peuvent présenter entre eux des écarts de temps supérieurs à cette demi-plage de réglage sans être éliminés, et ceci définit le pouvoir séparateur du sélecteur.

En mesurant à l'aide d'un oscillographe cathodique dont le balayage est commandé par un compteur, le décalage du choc retardé correspondant à un certain nombre de degrés du cadran de réglage de l'appareil retardateur, nous trouvons pour un écart de un degré, $1.5.10^{-7}$ sec à 3 % près; la variation est linéaire.

Nous en avons déduit que le pouvoir séparateur du sélecteur pour les coïncidences réelles était égal à 5.10^{-7} sec.

4. Si l'électron éjecté par l'aluminium présente un retard t par rapport au méson, le compteur 3 frappé par l'électron est excité avec retard par rapport aux compteurs 1 et 2, et ce retard peut être plus grand que 5.10^{-7} sec.

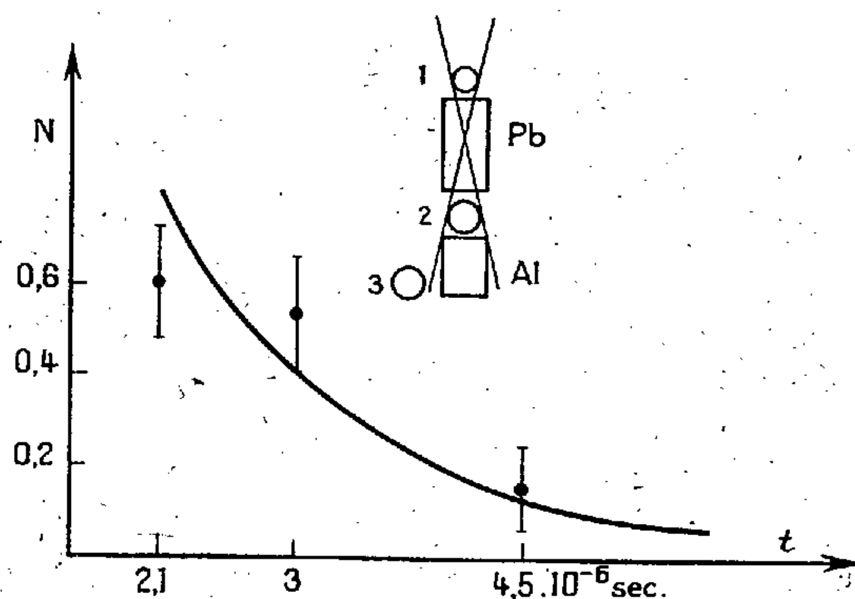
Le sélecteur enregistre la coïncidence, si ce retard supplémentaire est compensé; il faut donc introduire dans le circuit 3 le retard $T - t$.

En réalité on compte alors tous les électrons dont les retards sont $T - t \pm (\Delta t/2)$.

Malgré la rareté du phénomène, nous avons donné à t trois valeurs, et réussi à compter le nombre de coïncidences obtenues avec ou sans masse d'aluminium.

Nous avons vérifié d'autre part que l'effet était nul pour un décalage symétrique par rapport à la position correspondant au synchronisme.

En retirant l'aluminium, on compte encore des coïncidences de chocs



asynchrones produites par des retards accidentels de décharges dans les compteurs, ainsi que des coïncidences fortuites. C'est ce qui constitue le fond assez élevé de notre mesure.

5. *Résultats.*

Compensation du retard t.			Coïncidences en 10 heures.
$2,1.10^{-6}$ sec,	Avec Al	35/440 h	$0,8 \pm 0,13$
	Sans Al	7/402 h	0,17
3.10^{-6} sec,	Avec Al	24/328 h	$0,73 \pm 0,15$
	Sans Al	8/278 h	0,29
$4,5.10^{-6}$ sec,	Avec Al	16/463 h	$0,35 \pm 0,09$
	Sans Al	11/544 h	0,2

Pour tracer la courbe $N = f(t)$, nous avons attribué au fond une valeur constante et égale à 0,2 choc en 10 heures.

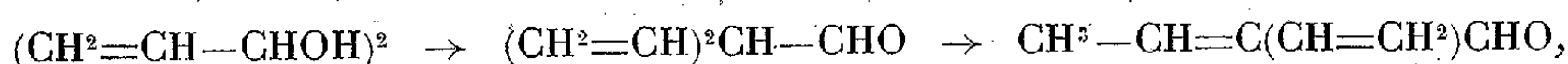
On voit que l'ordonnée atteint la valeur moitié pour un retard égal à 10^{-6} sec, ce qui détermine la vie moyenne du méson τ_0, avec une erreur calculée de l'ordre de 30 %

$$\tau_0 = 10^{-6} \pm 0,3 \text{ sec.}$$

D'après la géométrie, le compteur 3 doit recevoir la dixième partie des électrons sortis de l'aluminium dans toutes les directions. On peut admettre, d'après la courbe, que ce tube reçoit de 3 à 4 électrons en 10 heures avec tous les retards possibles, ce qui donne le même nombre d'électrons sortant de l'aluminium par heure. C'est en accord approximatif avec le nombre de mésons désintégrés, compte tenu de l'absorption de l'aluminium.

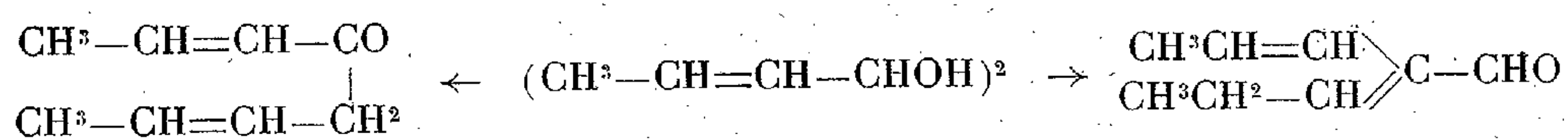
CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation sulfurique du distyrylglycol symétrique. Formation du phényl-1 styryl-3 butane-2 al, par transposition hydrobenzoïnique suivie du déplacement d'une double liaison.* Note de M. **Yves Deux**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Il a été constaté, dans des recherches antérieures (1), que la déshydratation des α-glycols non saturés du type $(R-CH=CH-CHOH)^2$, dans lesquels $R=H$ ou CH^3, s'effectue d'une part, pour $R=H$, exclusivement suivant le mode hydrobenzoïnique, avec formation d'aldéhyde disubstitué, comme on l'observe dans le cas de l'hydrobenzoïne (transposition hydrobenzoïnique)



$$(CH^2=CH-CHOH)^2 \rightarrow (CH^2=CH)^2CH-CHO \rightarrow CH^3-CH=C(CH=CH^2)CHO,$$

d'autre part, pour $R=CH^3$, à la fois suivant les deux modes possibles, hydrobenzoïnique et vinylique, avec formation simultanée d'aldéhyde ramifié et de cétone non transposée, comme dans le cas de la pipéroïne (2)



$$\begin{matrix} CH^3-CH=CH-CO \\ | \\ CH^3-CH=CH-CH^2 \end{matrix} \leftarrow (CH^3-CH=CH-CHOH)^2 \rightarrow \begin{matrix} CH^3CH=CH \\ CH^3CH^2-CH \end{matrix} \!\!> C-CHO$$

On admet que, dans la première de ces deux réactions, l'un des hydroxyles s'élimine avec l'hydrogène de l'autre hydroxyle (mode hydrobenzoïnique), alors que, dans la seconde, c'est à la fois l'un et l'autre hydrogène de cette fonction qui s'éliminent avec l'hydroxyle voisin. La substitution d'un méthyle a donc modifié la réactivité des hydrogènes de l'un des CHOH.

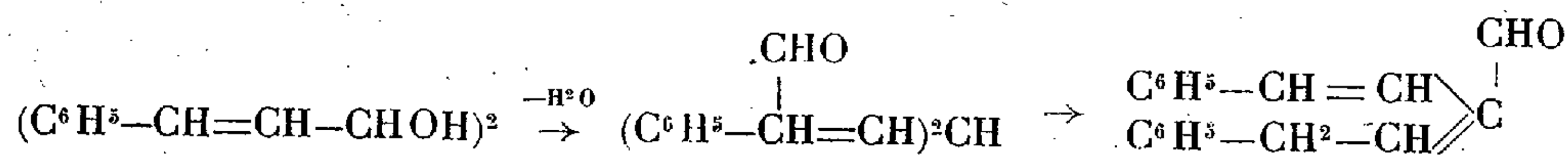
Bien que, dans les quelques faits connus jusqu'à présent et rapportés ci-dessus, on n'ait pas encore pu expliquer pourquoi, dans la déshydra-

---

(1) M. Tiffeneau et Weill, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 590; M. Tiffeneau et Y. Deux, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 105.

(2) M. Tiffeneau et J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, pp. 1626, 1738.

tation de la pipéroïne, le radical méthylènedioxyphényle oriente la réaction dans les deux sens, alors que dans la déshydratation de l'hydrobenzoïne, le phényle l'oriente dans un sens unique, il était intéressant d'étudier l'influence qu'est susceptible de produire, dans la réaction ci-dessus, la substitution d'un phényle. J'ai donc effectué la déshydratation du distyrylglycol $(C^6H^5-CH=CH-CHOH)^2$, en opérant comme dans les précédents cas, c'est-à-dire par chauffage avec l'acide sulfurique dilué. Comme on le verra ci-après, j'ai obtenu ainsi un produit aldéhydique unique, dont la structure ramifiée est prouvée par son hydrogénation ménagée qui sature les deux doubles liaisons pour donner l'aldéhyde diphénéthylacétique. Il y a donc eu exclusivement transposition suivant le type hydrobenzoïnique,



Ainsi le distyrylglycol se comporte non comme le dipropényl- mais comme le divinylglycol. La substitution du radical styryle sur ce dernier ne modifie donc pas, comme le fait le radical méthyle, la réactivité respective des deux H du groupe CHOH. Seul l'hydrogène hydroxylique est éliminé avec l'hydroxyle de la fonction alcool voisine. On remarquera, d'autre part, que comme dans la déshydratation du phénylvinylglycol [3] il y a probablement formation initiale de distyrylacétaldéhyde $(C^6H^5CH=CH)^2CH-CHO$, puis déplacement d'une double liaison vers un système à deux doubles liaisons conjuguées qui semble plus stable et qui se forme également dans diverses autres conditions expérimentales [4].

Déshydratation du distyrylglycol (hydrocinnamoïne). — Ce glycol (F 158°, paradinitrobenzoate F 186°) a été obtenu par réduction duplicatrice de l'aldéhyde cinnamique par le couple zinc-cuivre en milieu alcooloaqueux. 40^g de glycol ont été chauffés à l'ébullition avec 300^{cm^3} d'acide sulfurique à $1/5^e$ en entraînant par la vapeur d'eau les produits volatifs formés, qu'on sépare ainsi des résines abondantes non entraînables. L'épuisement à l'éther des eaux d'entraînement a fourni un produit qu'on a distillé dans le vide ($Éb_6$ 158-160°; n_D^{19} 1,510) et qui fournit des dérivés cristallisés avec la semicarbazide (F 210-211°) et avec l'hydroxylamine (F 135-136°). Ce produit est le phényl-1 styryl-3 butène-2 al; il réduit le nitrate d'argent

(3) M. Tiffeneau et P. Weill, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1217.
(4) Y. Deux, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 441.

ammoniacal et il a été identifié, d'une part en le transformant en l'aldéhyde saturé correspondant, de l'autre en le scindant par oxydation permanganique en les acides benzoïque et phénylacétique.

Identification du phényl-1 styryl-3 butène-2 al. — a. Par oxydation permanganique. — L'oxydation permanganique de l'aldéhyde ci-dessus fournit un mélange d'acides, présentant l'odeur de l'acide phénylacétique. Pour la séparation de ces acides, on a dû passer par les amides. A cet effet on a traité le mélange brut par Cl^5P et les chlorures d'acide obtenus ont été transformés en amides. Par cristallisation fractionnée dans l'eau chaude on a séparé l'amide benzoïque peu soluble (F 128°) et l'amide phénylacétique (F 158°).

b. Par hydrogénation catalytique. — L'hydrogénation catalytique ménagée sur le nickel de Raney, fournit le diphénéthylacétaldéhyde (semicarbazone F 155-156°; oxime F 98-99°) qu'on a transformé par oxydation argentique (technique de Delépine-Bonnet), en l'acide correspondant ($Éb_4$ 210-212°; n_D^{20} 1,548) qui est identique (amide F 165; anilide F 150°) à celui obtenu synthétiquement par décarboxylation de l'acide diphénéthyl malonique, provenant lui-même de l'action du bromure de phénéthyle sur l'ester malonique sodé.

Conclusions. — La déshydratation sulfurique du distyrylglycol symétrique (linéaire) fournit un aldéhyde ramifié, le phényl-1 styryl-3 butène-2 al. Il y a tout d'abord transposition hydrobenzoïnique en distyrylacétaldéhyde, puis isomérisation de ce dernier par déplacement d'une des deux doubles liaisons.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Corrélation entre les franges au voisinage de la discontinuité K d'absorption des rayons X et la conductibilité électrique dans l'hématite, la magnétite et la pyrite.* Note de M. **Constantin Kurylenko**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les spectres d'absorption K de lames minces (de 18 à 25µ), taillées dans des cristaux d'hématite, de magnétite ou de pyrite, se caractérisent par une bande de la discontinuité K suivie de deux ou trois franges du côté des courtes longueurs d'onde.

La théorie de Kroning interprète ces spectres en admettant que dans un cristal existent des *électrons libres*, qui occupent une partie des niveaux énergétiques, définis

dans la théorie des gaz dégénérés par la relation

$$\overline{W} = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3N}{8\pi v}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (^1).$$

Lors de l'absorption d'un quantum $h\nu$ suffisamment élevé, les électrons du niveau K sont projetés sur un niveau d'énergie W supérieur à $\overline{W}$.

En outre, les niveaux énergétiques pour les franges voisines de la discontinuité K sont donnés, en première approximation, par la formule $W = |P_0| + W_{min}$. Kronig choisit le niveau zéro de l'énergie, de telle sorte que les valeurs moyennes spatiales du potentiel $|P_0|$ disparaissent pour un électron *prétendu libre*. Il détermine les valeurs énergétiques en volts par la formule

$$W_{min} = \frac{h^2}{8m}\,\frac{p^2+q^2+r^2}{a^2} \quad (^2)$$

pour les franges dues à la réflexion sur les plans réticulaires (p, q, r) des ondes de L. de Broglie associées aux électrons expulsés.

Lorsque l'on étudie expérimentalement les spectres d'absorption K, on repère les distances des franges à partir du bord principal de la bande d'absorption K. Dans les calculs théoriques, par contre, on rapporte les niveaux énergétiques de ces franges au niveau zéro. Il faut donc connaître la distance (évaluée en volts) qui sépare la discontinuité K et le niveau zéro, si l'on veut comparer les valeurs théoriques avec les données expérimentales. Selon Kronig, cette distance est égale à $(|V_0| - \varphi)^{volts}$ (³).

On doit alors additionner cette différence aux distances des franges ΔV, mesurées en volts à partir du bord principal K. D'où la relation

$$\Delta V^{volts} + (|V_0| - \varphi)^{volts} = W^{volts}_{min(pqr)},$$

c'est-à-dire

$$(|V_0| - \varphi)^{volts} = W^{volts}_{min(pqr)} - \Delta V^{volts}.$$

On peut établir pour les minéraux considérés le tableau ci-après, où l'on a ajouté les résultats d'observations relatives aux conductibilités électriques de ces mêmes minéraux. On obtient des éléments de comparaison particulièrement intéressants.

(¹) h, constante de Planck; m, masse d'un électron; N, nombre d'électrons de *valence* dans le volume v.

(²) p, q, r sont les indices de Miller et a est la dimension de la maille.

(³) $|V_0|^{volts}$ est la différence entre le potentiel zéro dans le cristal et l'espace extérieur (vide); φ^{volts} est le potentiel relatif à l'effet de Richardson qui mesure le travail nécessaire pour expulser l'électron libre hors du cristal.

	Fe^2O^3 taillé ⊥ à (111).	Fe^3O^4 taillé ‖ à (111).	FeS^2 taillé ‖ à (111).	Fer électrolytique.
W_{min}^{volts}	18,0	25,5	35,1	–
$-\Delta V^{volts}$	9,1	17,4	29,8	–
$(\lvert V_0 \rvert - \varphi)^{volts}$	8,9	8,1	5,3	11,3
$\overline{W}^{volts}$	$8,7_{Fe^{\cdots}}$	$3,3_{Fe^{\cdot\cdot}}$; $6,8_{Fe^{\cdots}}$	$5,0_{Fe^{\cdot\cdot}}$	$11,0_{Fe^{\cdot\cdot}}$
Conductibilité en U.C.G.S.	8.10^{-10}	6.10^{-10}	$6,6.10^{-10}$	$\sim 1.10^{-4}$ [a]
Largeur des franges	–	$12^v \pm 2^v,5$	$14^v,5 \pm 2^v,5$	–

[a] Selon Langolt-Börnstein, 1905, p. 724.

En effet, MM. Léon Brillouin et E. Bloch admettent que les électrons faiblement liés sont responsables de la conductibilité électrique et thermique. Il y a donc intérêt à connaître la répartition de ces électrons faiblement liés, et le seul moyen est l'étude des spectres d'émission ou d'absorption des rayons X.

1° Le tableau montre que les électrons de valence de ces minéraux, bons conducteurs thermiques et électriques, ont de grandes valeurs énergétiques. Au contraire, en examinant les franges d'une lame taillée dans un cristal de $Fe(CN)^6K^3$ (qui est non conducteur), nous avons trouvé $\overline{W}_{Fe^{\cdots}} = 0^v,48$ et que $(\lvert V_0 \rvert - \varphi)^{volts} \approx 0^v,66$, ce qui confirme notre hypothèse.

2° On constate que la différence $(\lvert V_0 \rvert) - \varphi)^{volts}$, qui détermine la position de la bande K (par rapport au niveau zéro de Kronig) est légèrement supérieure au niveau $\overline{W}$. Dans le cas de la magnétite, elle est de l'ordre de $8^v,1$, c'est-à-dire supérieure à $\overline{W}_{Fe^{\cdot\cdot}} = 3^v,3$ et $\overline{W}_{Fe^{\cdots}} = 6^v,8$.

Nous voyons donc que les spectres d'absorption K et les franges qui les accompagnent, provenant des lames convenablement taillées, nous renseignent sur la position des électrons qui prennent part à la conductibilité thermique et électrique, et indiquent, avec une bonne approximation, la position de la discontinuité K par rapport à ces électrons.

3° L'étude de la largeur et de l'intensité des franges permettra de vérifier un autre effet. A la température T le réseau est déformé par l'agitation thermique que M. Léon Brillouin associe à la résistance électrique à cette température. On sera donc en mesure de préciser les obstacles rencontrés par le passage d'un courant électrique en examinant l'évolution, en fonction de la température, des franges *isolées* formées par les lames cristallines taillées. Dans notre Thèse, nous avons étudié l'influence de la température sur l'ensemble des franges.

En résumé, il semble qu'on peut attribuer la *grande conductibilité* électrique des minéraux étudiés (hématite, magnétite et pyrite) aux valeurs énergétiques élevées que possèdent *les électrons de valence* dans ces minéraux.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Composition des rayons X diffusés par un cristal perturbé par l'agitation thermique.* Note (¹) de M. **Jean Laval**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'agitation thermique d'un cristal construit avec N atomes peut se résoudre en 3N ondes libres. Ces ondes vont par deux *opposées,* suivant la même direction en sens inverses, avec la même polarisation, la même longueur d'onde, la *même fréquence.* Prenons comme origine un nœud du réseau cristallin. Nous atteignons un autre nœud par une translation $\mathbf{m}$, puis les positions moyennes des atomes contenus dans la maille dont ce nœud est un sommet par des translations $\mathbf{j}$, $\mathbf{k}$, ... Si $\mathbf{l}_1$, $\mathbf{l}_2$, $\mathbf{l}_3$ sont les translations élémentaires du réseau cristallin, $\mathbf{m}=\Sigma m_i\mathbf{l}_i$, $\mathbf{j}=\Sigma j_i\mathbf{l}_i$, $\mathbf{k}=\Sigma k_i\mathbf{l}_i$, ... ($i=1, 2, 3$; $m_i=1, 2, \ldots, n$). Une onde libre α est constituée par les oscillations

$$\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t-\mathbf{S}_\alpha(\mathbf{m}+\mathbf{j})+\eta_{j\alpha}];$$
$$\mathbf{A}_{k\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t-\mathbf{S}_\alpha(\mathbf{k}+\mathbf{j})+\eta_{k\alpha}].$$

D'ordinaire les atomes du motif cristallin échangent des liaisons inégales : $\eta_{j\alpha}$, $\eta_{k\alpha}$, ... diffèrent. Mais les écarts $\eta_{j\alpha}-\eta_{k\alpha}$, ... restent constants et ceux qui concernent les mêmes atomes situés en positions $\mathbf{j}$ et $\mathbf{k}$, et deux ondes opposées α et β, sont eux-mêmes opposés $(\eta_{j\beta}-\eta_{k\beta})=-(\eta_{j\alpha}-\eta_{k\alpha})$. L'atome qui oscille à l'extrémité du vecteur $(\mathbf{m}+\mathbf{j})$ a pour mouvement

$$\sum_{\alpha=1}^{3N}\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t-\mathbf{S}_\alpha(\mathbf{m}+\mathbf{j})+\eta_{j\alpha}].$$

Soit un cristal qui n'absorbe et ne disperse qu'une part négligeable de rayons X incidents (fréquence ν).

Le rayonnement diffusé (qui ne ressort pas à l'effet Compton) s'écrit :

$$\varepsilon\sum_m\sum f_j e^{i2\pi\left\{\nu t+\mathbf{X}(\mathbf{m}+\mathbf{j})+\sum_{\alpha=1}^{3N}\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t-\mathbf{S}_\alpha(\mathbf{m}+\mathbf{j})+\eta_{j\alpha}\right\}}$$
$$=\varepsilon\sum_m\sum_j f_j e^{i2\pi[\nu t+\mathbf{X}(\mathbf{m}+\mathbf{j})]}\prod_{\alpha=1}^{3N}e^{i2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t-\mathbf{S}_\alpha(\mathbf{m}+\mathbf{j})+\eta_{j\alpha}]};$$

(¹) Séance du 2 février 1942.

ε est l'amplitude de l'onde qui serait diffractée par un électron libre placé dans le même faisceau incident. La première somme s'étend à toutes les mailles, la seconde à tous les atomes du motif cristallin. L'atome, en position **j**, a pour facteur de structure f_j

La diffusion se représente avec simplicité dans l'espace réciproque. C'est dans cet espace qu'intervient le vecteur **X**. Il a même origine que le réseau polaire ([2])

$$\mathbf{X}=\frac{\mathbf{v}'}{\lambda'}-\frac{\mathbf{v}}{\lambda};$$

v et **v**′ sont deux vecteurs unitaires. Le premier est dirigé suivant le faisceau incident de longueur d'onde λ, le second suivant le faisceau diffusé de longueur d'onde λ'.

Posons

$$2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha}=z \quad \text{et} \quad 2\pi[\nu_\alpha t-\mathbf{S}_\alpha(\mathbf{m}+\mathbf{j})+\eta_{j\alpha}]=\varphi.$$

Il vient

$$e^{i2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t-\mathbf{S}_\alpha(\mathbf{m}+\mathbf{j})+\eta_{j\alpha}]}=\mathcal{J}_{0(z)}+i\mathcal{J}_{1(z)}(e^{i\varphi}+e^{-i\varphi})+i^2\mathcal{J}_{2(z)}(e^{i2\varphi}+e^{-i2\varphi})+\ldots,$$

$\mathcal{J}_n$ désigne la fonction de Bessel d'ordre n. Grâce à cette relation, l'expression du rayonnement diffusé se développe en série : chaque terme représente une radiation monochromatique. On trouve :

1° Une radiation fondamentale, qui a la fréquence des rayons X incidents

$$\varepsilon F_0 e^{i2\pi\nu t}\sum_m e^{i2\pi\mathbf{X}\mathbf{m}} \quad \text{avec} \quad \mathbf{X}=\frac{\mathbf{v}'}{\lambda}-\frac{\mathbf{v}}{\lambda};$$

εF_0 exprime l'amplitude de l'onde diffractée par un motif cristallin :

$$F_0=\sum_j f_j H_j e^{i2\pi\mathbf{X}\mathbf{j}} \quad \text{et} \quad H_j=\prod_{\alpha=1}^{3N}\mathcal{J}_0(2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha}).$$

2° Des radiations produites par l'agitation thermique. Leurs fréquences sont de la forme $\nu\pm p\nu_\alpha\pm q\nu_\beta\pm\ldots$; p, q, ... étant des entiers.

Celles du premier ordre sont au nombre de 6N ; 3N de fréquence accrue :

$$i\varepsilon F_\alpha e^{i2\pi(\nu+\nu_\alpha)t}\sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X}-\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{m}},$$

$$F_\alpha=\sum_j f_j H_j\frac{\mathcal{J}_1(2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha})}{\mathcal{J}_0(2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha})}e^{i2\pi[(\mathbf{X}-\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{j}+\eta_{j\alpha}]}, \quad \mathbf{X}=\mathbf{v}'\left(\frac{1}{\lambda}+\frac{1}{\lambda_\alpha}\right)-\frac{\mathbf{v}}{\lambda},$$

([2]) Réseau construit avec trois translations $\mathbf{L}_1$, $\mathbf{L}_2$, $\mathbf{L}_3$, réciproques de $\mathbf{l}_1$, $\mathbf{l}_2$, $\mathbf{l}_3$

$$\mathbf{L}_i\mathbf{l}_j=\begin{cases}1 & \text{si } i=j,\\ 0 & \text{si } i\neq j.\end{cases}$$

autant de fréquence diminuée :

$$i\varepsilon \mathrm{F}_\alpha\, e^{i2\pi(\nu-\nu_\alpha)t} \sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X}+\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{m}};$$

$$\mathrm{F}_\alpha = \sum_j f_j \mathrm{H}_j \frac{\mathcal{J}_1(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})}{\mathcal{J}_0(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})} e^{i2\pi[(\mathbf{X}+\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{j}-\eta_{j\alpha}]}, \qquad \mathbf{X} = \mathbf{v}'\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_\alpha}\right) - \frac{\mathbf{v}}{\lambda};$$

si le cristal a pour la radiation diffusée un indice de réfraction χ, $\lambda\alpha = c\chi/\nu_\alpha$.

Les radiations du second ordre proviennent, les unes d'une seule onde élastique :

$$i^2\varepsilon \mathrm{F}_{\alpha\alpha}\, e^{i2\pi(\nu\pm 2\nu_\alpha)t} \sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X}\mp 2\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{m}},$$

$$\mathrm{F}_{\alpha\alpha} = \sum_j f_j \mathrm{H}_j \frac{\mathcal{J}_2(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})}{\mathcal{J}_0(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})} e^{i2\pi[(\mathbf{X}\mp 2\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{j}\pm 2\eta_{j\alpha}]};$$

les autres de deux ondes élastiques :

$$i^2\varepsilon \mathrm{F}_{\alpha\beta}\, e^{i2\pi(\nu\pm\nu_\alpha\pm\nu_\beta)t} \sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X}\mp\mathbf{S}_\alpha\mp\mathbf{S}_\beta)\mathbf{m}},$$

$$\mathrm{F}_{\alpha\beta} = \sum_j f_j \mathrm{H}_j \frac{\mathcal{J}_1(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})\mathcal{J}_1(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})}{\mathcal{J}_0(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})\mathcal{J}_0(2\pi\mathbf{XA}_{j\alpha})} e^{i2\pi[(\mathbf{X}\mp\mathbf{S}_\alpha\mp\mathbf{S}_\beta)\mathbf{j}\pm\eta_{j\alpha}\pm\eta_{j\beta}]}.$$

Le nombre des premières est 6N, celui des secoudes 6N(3N — 1).

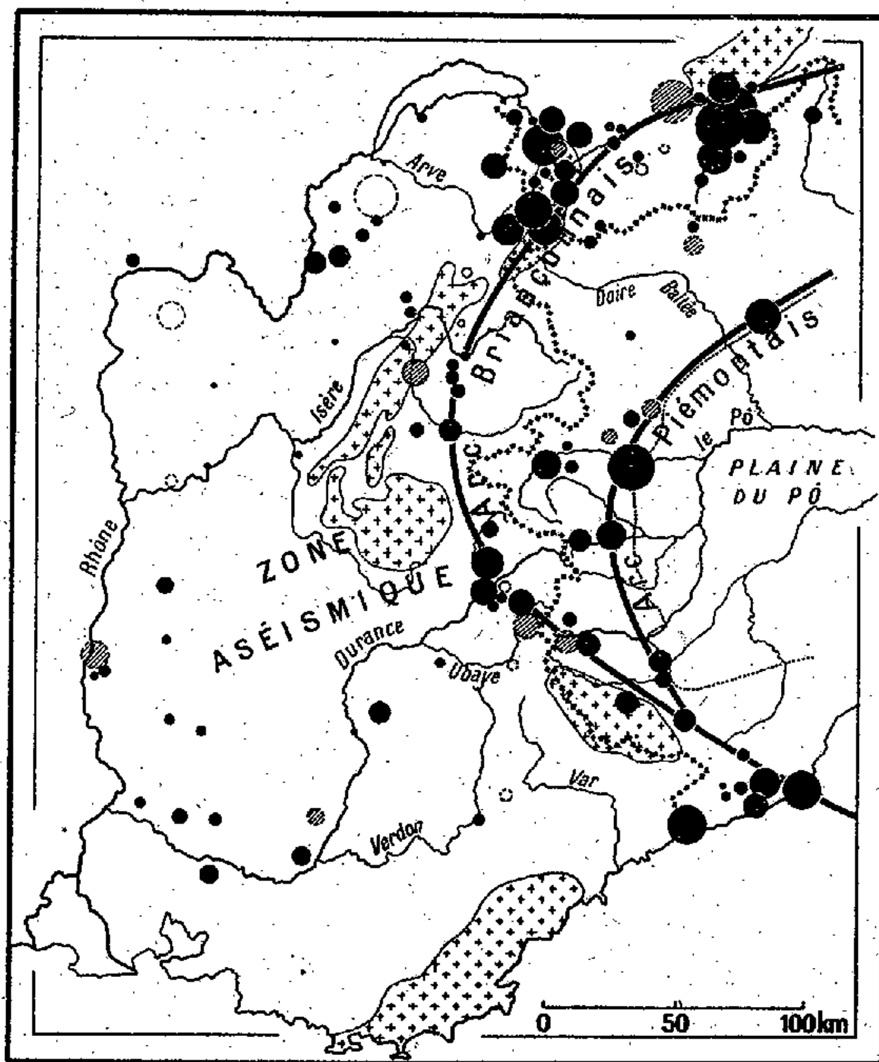
Les radiations du troisième ordre prennent trois formes différentes suivant qu'elles sont diffusées par une, deux ou trois ondes élastiques. Et ainsi de suite.

SÉISMOLOGIE. — *La séismicité des Alpes occidentales.* Note (¹) de M. **Jean-Pierre Rothé**, présentée par M. Charles Maurain.

Cette étude porte sur 116 secousses ou « essaims » de secousses importantes originaires, depuis le début du XIXe siècle, des Alpes occidentales (du Simplon à la côte Ligure), et pour lesquelles les renseignements qu'on possède permettent d'en déterminer l'épicentre macroséismique; pour les secousses des trente dernières années, le calcul de l'épicentre fut fait à partir des données fournies par les inscriptions dans les observatoires. Si

(¹) Séance du 26 janvier 1942.

l'on porte sur une carte la position de ces 116 épicentres, 71 d'entre eux se répartissent suivant un arc que nous appellerons *arc séismique briançonnais*, large au maximum d'une vingtaine de kilomètres, jalonné par la région de



Séismicité des Alpes occidentales (1800-1940).

On a figuré par des cercles noirs les épicentres de 116 secousses (ou essaims de secousses); les rayons de ces cercles sont proportionnels à R/I. R, rayon de l'aire macroséismique; I, intensité maxima; lorsque l'intensité I ou le rayon R sont incertains, le cercle est hachuré et lorsque la position elle-même de l'épicentre est mal connue le contour du cercle est en pointillé et l'intérieur du cercle laissé en blanc. La limite topographique orientale des Alpes a été indiquée schématiquement par une ligne pointillée; les croix représentent les massifs anciens placés à titre de repères.

Brigue (Haut-Valais), la haute vallée du Rhône jusqu'à Martigny, l'est du massif du Mont-Blanc, Moutiers, Saint-Jean-de-Maurienne, Briançon, Guillestre et le Queyras, le col de Larche, les pentes orientales du Mercantour et aboutissant à la côte Ligure aux environs de Diano-Marina.

11 autres épicentres jalonnent un deuxième arc intérieur au précédent (que nous appellerons *arc séismique piémontais*) qui, partant du col de Tende, est tout entier en Italie et coïncide à peu près avec la limite orientale topographique des Alpes au voisinage de la plaine du Pô.

Enfin les 34 derniers épicentres étudiés forment un groupe qu'on peut

appeler *groupe des séismes préalpins*, séismes souvent violents, mais peu étendus.

Le tracé que nous venons de donner de l'arc briançonnais correspond au point de vue tectonique à la **zone du Briançonnais**, et plus exactement au revers occidental de la **cordillère briançonnaise** (ou talus oriental de l'avant-fosse alpine). En suivant longitudinalement cet arc, on observe de façon certaine une variation dans la profondeur des foyers séismiques : les séismes de Brigue, dans le Haut-Valais, qui comportent souvent une aire macroséismique de 150 à 300^{km} de rayon, ceux de la région de Martigny et du Grand-Saint-Bernard (Chamonix, 1905, 250^{km} de rayon) sont des séismes profonds. Au contraire ceux de la région de Moutiers-Saint-Jean-de-Maurienne, fréquents et répétés (essaim de Maurienne : 133 secousses entre 1838 et 1843), assez forts mais peu étendus, sont des séismes moins profonds : foyer à 20^{km} de profondeur par exemple pour le séisme du 4 juillet 1930, au sud de Moutiers. Puis de nouveau la profondeur des foyers augmente dans la région du Queyras où nous avons calculé qu'elle doit être de l'ordre de 30^{km} ([2]).

L'arc séismique piémontais correspond de son côté à la partie orientale de la **zone du Piémont**, c'est-à-dire au talus oriental de la grande fosse alpine (cordillère interne de la Dent-Blanche ou du Mont-Dolin). Plus loin à l'Est, dans la plaine du Pô, l'activité séismique cesse complètement.

Les deux zones séismiques alpines que nous venons de définir correspondent, *la première à la zone des racines des nappes helvétiques* (*zone briançonnaise*), *la seconde à la zone des racines des nappes pennines* (*cordillère du Mont-Dolin*).

Les régions où nous constatons une moins grande profondeur des foyers séismiques sont celles où les nappes se sont peu ou point développées. Au contraire, les zones à foyers profonds ont donné naissance aux nappes de l'Embrunais d'une part (issues du Queyras), aux nappes helvétiques d'autre part (Valais).

Par ailleurs, l'absence d'activité séismique sous la plaine du Pô rend aussi peu probable l'hypothèse d'un enracinement dans cette région des nappes préalpines.

Enfin la périodicité des secousses, telle qu'elle nous apparaît en 140 ans, traduisant la continuité de l'effort de plissement tangentiel est plus grande là où l'empilement des nappes est le plus complexe (séismes du Haut-

([2]) E. Rothé et J.-P. Rothé, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 97.

Valais : 1837, 1855, 1880, 1924, 1933, et de la région de Martigny-Grand-Saint-Bernard : 1817, 1851, 1881, 1891, 1905, 1915 correspondant au complexe Morcles-Diableret-Wildhorm des nappes helvétiques) que dans les autres régions (Queyras : 1884, 1935, 1938).

Plus au Sud, l'effondrement tyrrhénien correspond également sur la côte Ligure à une augmentation de la fréquence des secousses (1831, 1854, 1887, 1906, 1930). MM. M. Gignoux et L. Moret ([3]) ont récemment insisté sur le fait que l'histoire tectonique des Alpes a été *très longue*, qu'on appelle improprement les Alpes chaîne de plissements tertiaires, et qu'en réalité les mouvements ont été *continus*, les périodes de plissements qu'on peut distinguer correspondant à des coupures artificielles, peut-être à des paroxysmes locaux.

L'étude détaillée des séismes des Alpes occidentales nous permet d'ajouter que l'histoire tectonique des Alpes *n'est pas achevée*; ce sont les mêmes zones, principalement les zones de racines d'où sont partis les grands plis alpins qui, aujourd'hui encore, se signalent par leur instabilité : l'effort de plissement continue à se produire à une profondeur qui, d'après les études microséismiques, est de 30 à 40^{km} pour les séismes de l'arc briançonnais et doit atteindre une cinquantaine de kilomètres pour certains séismes de l'arc piémontais : ces profondeurs sont du même ordre de grandeur que celles calculées par Heim, les Alpes comportant d'après lui un complexe de couches d'au moins 15^{km} d'épaisseur, plissées à plus de 25^{km} et s'enfonçant jusqu'à une profondeur de 30 à 40^{km}.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la teneur en fer des sédiments fluviomarins.* Note de M. **Claude Francis-Bœuf**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Les vases fluviomarines peuvent être considérées comme un système hétérogène essentiellement constitué de deux phases :

1° une phase inorganique pulvérulente, où le quartz domine généralement ;

2° une phase plus fine, formée d'agrégats colloïdaux, qui joue le rôle de *liant* entre les grains précédents.

([3]) *Description géologique du Bassin de la Durance*, Grenoble, 1938, p. 273.

Jacques Bourcart ([1]) et moi-même ([2]) avons déjà montré que la deuxième phase est en grande partie constituée par de la matière organique à différents états d'évolution, mais aboutissant à un complexe à peu près stable, *l'humus*. Le fer peut, semble-t-il, jouer un rôle à peu près analogue à celui de la matière organique, dans le liant, ou même constituer presque à lui seul ce liant. Dans certains cas, il peut même être considéré comme la dominante du sédiment. Bref, nous dirons que matière organique et fer constituent la partie *active* du sédiment en opposition à la partie *inerte* qui est surtout formée par la première phase, pour reprendre les expressions de Boris Brajnikov ([3]). Et, si je rappelais la comparaison de Jacques de Lapparent, je dirais que c'est la partie active qui donne son *accent* au sédiment.

Il y a déjà longtemps que les auteurs russes et français ([4]) ont signalé que les vases marines et lacustres contiennent une importante proportion de fer à l'état de monosulfure (FeS). Ils considèrent même que, dans certains cas, c'est à la présence de ce monosulfure qu'est due la couleur bleu noirâtre des vases et l'odeur qu'elles dégagent parfois (hydrogène sulfuré). Ces mêmes auteurs, et plus récemment Christian Roehrich ([5]), ont indiqué que, dans les vases actuelles et subactuelles (vases des étangs méditerranéens, bri charentais), le monosulfure évoluait vers un état plus stable : bisulfure ou pyrite (FeS^2).

Je me suis attaché à rechercher l'importance de cette phase active dans les vases fluviomarines du littoral atlantique, et j'ai dosé le fer total par la méthode de Margueritte, mais adaptée à l'étude des sédiments, et les résultats obtenus exprimés en fer (Fe) sont les suivants :

1° les vases de l'estuaire de la Penzé m'ont donné un pourcentage moyen en fer de 2,7 % (moyenne de 6 échantillons);

2° les vases de l'estuaire du Bou-Regreg : 6,9 % (moyenne de 3 échantillons);

3° un échantillon du poto-poto de la côte de Guinée (Rio Pongo) : 5,5 %.

Ce qui frappe tout d'abord c'est la valeur élevée de la teneur en fer des vases fluviomarines quelle qu'en soit l'origine. Ensuite c'est la différence essentielle de teneur entre les vases de l'estuaire du Bou-Regreg et celles de l'estuaire de la Penzé. Il est regrettable de ne pas posséder un plus grand nombre de mesures en ce qui concerne les vases guinéennes, car on peut se demander si l'on se trouve en présence d'une valeur moyenne ou d'une

---

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1939, p. 758; 212, 1941, p. 448.

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 542.

([3]) Boris Brajnikov, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 271.

([4]) Chevallier, *Ann. Inst. Océanogr.*, 7, iv, pp. 1-90; Sudry, *L'étang de Thau*, 1 vol., Nancy, 1910.

([5]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 623.

valeur aberrante. Je croirais volontiers qu'il s'agit plutôt d'une valeur moyenne (pêchant même peut-être par défaut), étant donnée l'existence d'une source de fer constituée par les latérites ferrugineuses, à cette latitude. Comme d'autre part les limons rouges abondent dans le bassin versant du Bou-Regreg, on pourrait faire un raisonnement identique au précédent pour expliquer le fort pourcentage en fer des vases de ce dernier estuaire. Ainsi, on serait conduit à envisager une classification pour les vases des différentes latitudes, en rapport avec l'existence de sols climatiques continentaux :

1° vases de la zone tempérée;

2° vases des zones subtropicale et tropicale.

Cette division est corroborée par l'examen au microscope de ces différentes vases. Dans le cas de celles de Guinée, par exemple, on reconnaît de très petits fragments de latérite. La méthode de dosage utilisée ne permet pas de distinguer ce fer pulvérulent et inerte du fer, sans doute colloïdal, qui doit seul entrer en ligne de compte dans le cas des vases bretonnes.

Mais c'est le fer de la phase active qui joue le rôle important, car c'est lui qui intervient comme liant. Il doit être parfois lié à la matière organique et, comme elle, il doit occuper un très grand volume (hydrogels). Il est peut-être bon d'insister sur ce point car certains auteurs considèrent comme négligeable une teneur en matière organique de 10 %. Mais si l'on songe que ce pourcentage est exprimé en poids, la place occupée en volume doit être encore plus considérable; et il en est de même pour le fer. Dans le cas des vases du Bou-Regreg, où la teneur en matière organique est assez faible (de l'ordre de 5 %), c'est la très grande teneur en fer qui peut seule rendre compte de l'identité de leur comportement physique et de leur couleur avec celui des vases bretonnes : ce fer doit donc être compris en majeure partie dans la phase qui joue le rôle de liant.

Il est à noter que les vases étudiées ne montrent pas une évolution du fer vers la pyrite (cette dernière, si elle existait, serait laissée intacte par notre méthode de dosage, mais serait reconnaissable au microscope).

Il serait sans doute intéressant de chercher à savoir de quelle manière varie le rapport de la matière organique totale (exprimée ou non en carbone) au fer total (ou mieux au fer actif). On posséderait ainsi une indication sur l'état d'évolution du sédiment ou, en tout cas, sur sa note dominante : ainsi le rapport C/Fe, établi pour les vases de l'estuaire de la Penzé,

est à peu près constant aux environs de 1,3 (valeur moyenne), tandis que pour celles du Bou Regreg il est seulement de 0,5.

Mais il reste encore à expliquer ou du moins à rechercher l'origine de ce fer actif et évoluant. S'agit-il du fer entraîné par les eaux de lessivage des roches du bassin versant? Si cela était, le fer se retrouverait en solution dans les eaux fluviales, fluviomarines ou même marines littorales. Divers auteurs ont dosé le fer dans les eaux marines : les valeurs qu'ils ont obtenues sont voisines, mais varient cependant entre $0^{mg},003$ par litre, pour les eaux de la Manche (Harvey), à $0^{mg},06$ pour les eaux tropicales de l'Atlantique (Wattenberg). L'eau de la rivière de Penzé contient $0^{mg},04$ de fer par litre, celle de l'estuaire $0^{mg},04$ et celle de la Baie de Morlaix (Roscoff) également. La teneur en fer des eaux, différentes par leur origine, qui peuvent imbiber une vase fluviomarine est donc très faible. Si, d'autre part, on songe que la teneur en eau moyenne d'une vase submergée est de l'ordre de 100 %, on voit que 100^{g} de sédiment sec n'auront retenu que $0^{mg},004$ de fer. En admettant même que des évaporations successives conduisent à une plus grande concentration, du fer comme cela se passe pour les chlorures ([6]), il n'est pourtant pas possible de rechercher l'origine d'un pourcentage en fer de l'ordre de 3 % dans celui des eaux d'imbibition.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Température et origine de la région* D *de l'ionosphère.* Note ([1]) de Mme **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

On a reconnu dès 1934 l'existence d'une région ionisée située au-dessous de la région E. Depuis on a pu préciser l'altitude de cette couche, qui serait comprise entre 60 et 80^{km}.

On connaît également, depuis Jesse, l'existence dans les régions polaires de nuages nocturnes lumineux dont la hauteur, mesurée soigneusement par Störmer (*Astrophys. Norv.*, 1, III, 1935, p. 87), est toujours très voisine de 82^{km}.

En 1933, Humphreys ([2]) avait proposé une théorie relative à ces nuages en supposant qu'ils étaient constitués par des cristaux de glace. Admettant

---

([6]) Claude Francis-Boeuf, *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 657-660.

([1]) Séance du 26 janvier 1942.

([2]) *Month. Weath. Review*, 61, 1933, p. 228.

alors une certaine loi de variation de la température avec l'altitude et une teneur en vapeur d'eau constante avec l'altitude et égale à 1/4000, il en concluait que la température à 80^{km} est 160°K. Pour arriver à ce résultat, il devait supposer que la température de la stratosphère reste constante avec l'altitude, or les nuages nocturnes lumineux sont observés surtout en été, et nous avons montré ([3]) que la température de la stratosphère, en été aux hautes latitudes, croît avec l'altitude. D'autre part, Störmer (*loc. cit.*) a attribué les nuages nocturnes lumineux non à de la glace mais à des poussières cosmiques, d'accord en cela avec Vestine ([4]). La température indiquée par Humphreys n'aurait alors aucun fondement.

L'étude de la couche D par des ondes radioélectriques de 18^{km} est également susceptible d'apporter des renseignements sur la température de cette région d'après la théorie de Chapman, qui étudie l'action ionisante d'un rayon solaire monochromatique agissant sur une atmosphère de composition uniforme et dont la pression décroit exponentiellement avec l'altitude.

Budden, Ratcliffe et Wilkes ([5]) ont étudié la variation de la hauteur de la couche réfléchissante avec la distance zénithale du Soleil, et ils en ont déduit la constante $H = kT/mg$ (hauteur de référence) pour laquelle ils ont obtenu la valeur $6 \pm 0^{km},5$, ce qui correspond à une température de $205 \pm 17^\circ$ K. Mais certaines périodes, succédant à des périodes de perturbation magnétique, donnent une valeur de 4^{km} qui correspondrait à 140° K. Or nous pensons que les formules de Chapman, qui conviennent particulièrement pour la région E, ne s'appliquent pas ici car, ainsi que nous le supposerons plus loin, l'élément ionisé de la couche D n'est pas un des constituants gazeux de l'atmosphère.

On sait que le phénomène des évanouissements à début brusque des ondes courtes radioélectriques est lié au renforcement de l'ionisation de la couche D. L'un de nous, en collaboration avec R. Jouaust ([6]), a déjà proposé de rendre le sodium atmosphérique responsable de ces évanouissements. Il semble également raisonnable *d'attribuer l'ionisation normale de*

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1518.

([4]) Cario et Stille (*Zeits. für Physik*, 116, 1940, p. 122) ont d'ailleurs montré, en corrigeant les mesures de Bernard de l'absorption par la troposphère, que l'altitude de la couche émettant la raie jaune crépusculaire coïncide à peu près avec celle de ces nuages.

([5]) *Proc. Roy. Soc.*, 171, 1939, p. 188.

([6]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 139.

la couche D *au sodium atmosphérique* ou à d'autres atomes d'origine météorique ou autre, et susceptibles d'être aussi facilement ionisés.

A ce propos, rappelons les hypothèses déjà mises en avant pour rendre compte de l'ionisation de la couche D :

1° Martyn et ses collaborateurs (7) attribuaient les évanouissements brusques à l'action sur l'oxygène atomique de la raie L_α, dont l'émission est renforcée au cours des éruptions chromosphériques. Or nous avons montré que la raie L_α ne peut pénétrer jusqu'à l'altitude de 80^{km}.

2° Mitra et ses collaborateurs (8) ont proposé d'attribuer la formation de la couche D au premier potentiel d'ionisation de l'oxygène moléculaire (12,5 volts). Or la longueur d'onde correspondante, 1000 Å, est déjà totalement absorbée à l'altitude de 100^{km}.

3° Wulf et Deming (9) avaient suggéré que l'ozone susceptible d'exister à 80^{km} pourrait être ionisé par le rayonnement ultraviolet solaire. D'après un travail de Brewer (10), ces auteurs admettent que la décomposition photochimique de l'ozone s'accompagne de l'ionisation des molécules. A partir des résultats de Brewer on peut déterminer la densité ionique maximum à l'altitude de la couche D. Le calcul montre qu'elle est très largement insuffisante (10^8 fois trop petite) pour rendre compte de la réflexion des ondes longues. D'autre part Brewer attribue la formation des ions dans ses expériences aux chocs des molécules réagissantes contre la paroi du récipient, ce qui ne peut se produire dans la haute atmosphère.

Notre hypothèse de l'attribution de la couche D à l'ionisation du sodium atmosphérique est appuyée par la présence de nuages de poussières cosmiques à 80^{km} et par l'importante variation de la hauteur de référence H, qui ne pourrait venir (d'après la formule) que d'une variation proportionnelle de la température. Une telle variation est assez improbable et l'on doit en conclure que les formules de Chapman ne peuvent s'appliquer ici, ce qui serait en accord avec le fait que le sodium atmosphérique (ou autres poussières d'origine cosmique) n'a pas la même distribution en fonction de l'altitude que les constituants gazeux de l'atmosphère. Il n'est donc pas possible par l'emploi des formules de Chapman de déduire la température dans la région D de l'ionosphère.

---

(7) MARTYN, MUNRO, HIGGS et WILLIAMS, *Nature*, **140**, 1937, p. 603.
(8) MITRA, BHAR et GHOSH, *Ind. Journ. Phys.*, **12**, 1938, p. 455.
(9) *Terr. Magn.*, **43**, 1938, p. 283.
(10) *J. Amer. Chem. Soc.*, **46**, 1924, p. 1403.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude analytique des mouvements oculaires normaux.* Note de M. **Jean Rösch**, présentée par M. Bernard Lyot.

Nous appliquons aux mouvements oculaires normaux la méthode précédemment indiquée ([1]) d'étude des mécanismes musculaires, basée sur l'hypothèse de relations simples entre les coefficients d'excitation des divers muscles mis en jeu dans le mouvement.

Prenons trois axes de coordonnées passant par le centre O du globe oculaire, que nous admettons toujours confondu avec le centre de rotation, $z'Oz$ passant par le centre du trou optique et dirigé vers l'avant, Ox dans le plan des centres des deux yeux et des deux trous optiques, dirigé du côté temporal, normalement à Oz, Oy normal à Ox et Oz et dirigé vers le haut; nous utiliserons également un système longitude-latitude ayant comme ligne des pôles $z'Oz$ et comme plan méridien origine le plan xOz. Ce système de référence, étant donnée la faible précision des mesures qui ont été faites des coordonnées des origines et insertions des muscles oculaires-moteurs, permet de notables simplifications (annulations de certaines coordonnées, égalité ou symétrie de certaines autres).

Nous définirons la position de l'œil par la direction Oz_1 que prend l'axe Oz (écarté d'un angle η dans un méridien de longitude ω), et par un angle de pivotement ϖ autour de Oz_1 du plan qui coïncidait initialement avec zOz_1. Dans un *mouvement de Listing* qui aurait comme position primaire Oz, ϖ serait nul pour toutes les valeurs de ω et de η. En cas contraire, si nous faisons une projection stéréographique de pôle z' des positions z_1, nous pourrons noter pour chaque point la valeur de ϖ correspondante pour le mouvement considéré et décrire la loi de mouvement par le réseau des courbes équi-pivotement sur cette projection stéréographique. On peut démontrer le lemme suivant :

Lemme. — Quand l'œil exécute un mouvement de Listing autour d'une position primaire OP, les courbes, équi-pivotement définies ci-dessus, sont des droites passant toutes par la projection r du point R de la sphère tel que Rz soit parallèle à OP et faisant avec Or un angle égal à la moitié du pivotement auquel elles correspondent respectivement.

Ce lemme permet donc, étant donné un certain réseau de courbes équi-

---

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 187.

pivotement, pour un point de la sphère, réseau trouvé par un calcul ou par l'expérience, de reconnaître si le mouvement étudié est plus ou moins voisin d'un certain mouvement de Listing, dont on trouvera du même coup la position primaire.

Équations d'équilibre. — Nous admettrons, contrairement à ce que suggère Helmholtz, que chaque muscle exerce une force tangente au globe de l'œil au point d'insertion et contenue dans un plan passant par le centre, l'origine et l'insertion. Nous calculons, pour un ensemble de valeurs ω, η, ϖ, la position que prend l'insertion, les cosinus directeurs p, q, r de la normale à ce plan et la longueur du muscle. La force s'exprime alors sous la forme $(A\theta + B)$, où A et B dépendent de la longueur, θ étant le coefficient d'excitation du muscle. Les composantes du moment de cette force, en prenant le rayon du globe égal à l'unité, sont

$$p.(A\theta + B), \quad q.(A\theta + B), \quad r.(A\theta + B).$$

Nous supposons que les forces exercées par la masse péri-oculaire, la conjonctive, etc., se réduisent à un *couple d'écartement*, dont le moment est normal au plan zOz_1, proportionnel à η et indépendant de ω et de ϖ (composantes $-E\eta\sin\omega$, $+E\eta\cos\omega$, O) et à un *couple de torsion* dont le moment est porté par Oz_1, proportionnel à ϖ et indépendant de ω et de η (composantes $F\varpi\sin\eta\cos\omega$, $F\varpi\sin\eta\sin\omega$, $F\varpi\cos\eta$). Les équations d'équilibre du globe oculaire sont alors

$$\Sigma p_i(A_i\theta_i + B_i) + F\varpi\sin\eta\cos\omega - E\eta\sin\omega = 0,$$
$$\Sigma q_i(A_i\theta_i + B_i) + F\varpi\sin\eta\sin\omega + E\eta\cos\omega = 0,$$
$$\Sigma r_i(A_i\theta_i + B_i) + F\varpi\cos\eta = 0,$$

soit trois équations contenant les trois angles ω, η, ϖ, et les six coefficients d'excitation θ_i. Pour que la loi de Donders soit satisfaite (et nous en avons vu l'intérêt pratique), il faut qu'il existe *quatre relations* entre ces θ_i. On pourra alors en effet calculer la valeur de ϖ pour toute position de la ligne visuelle. Écrire ces trois relations revient d'ailleurs à exprimer que, pour un couple de valeur ω, η, les θ_i étant physiologiquement déterminés, si ϖ est une certaine fonction de ω et η, le travail élémentaire est nul dans tout déplacement $d\omega$, $d\eta$. Si dans un mouvement d'amplitude finie ϖ prend constamment la valeur imposée par cette fonction, donc si la loi de Donders est satisfaite, le travail est nul.

Il s'agit en définitive de trouver les quatre relations les plus vraisemblables entre les six θ_i. Voici un exemple d'application :

Nous supposerons d'abord que les excitations du droit interne (nasal) et du droit externe (temporal) ont pour somme I, et de même pour le supérieur et l'inférieur ([2]); nous écrirons

$$\theta_T = \frac{1}{2} + \theta_H, \qquad \theta_S = \frac{1}{2} + \theta_V,$$

$$\theta_N = \frac{1}{2} - \theta_H, \qquad \theta_I = \frac{1}{2} - \theta_V.$$

Les trois équations d'équilibre deviennent des équations linéaires en θ_H et θ_V. L'élimination de ces deux quantités conduit à annuler un déterminant du troisième ordre, où les coefficients d'innervation des obliques, θ_G et θ_P, figurent linéairement, et dans une colonne seulement.

On peut donc décomposer ce déterminant en trois autres et mettre θ_P et θ_G en facteurs; l'élimination de θ_H et θ_V donne par conséquent l'équation linéaire

$$A_P\theta_P|\Delta_1| + A_G\theta_G|\Delta_2| + |\Delta_3| = 0,$$

c'est-à-dire, en portant θ_P en abcisses et θ_G en ordonnées, l'équation générale d'un complexe de droites, si l'on suppose d'abord ω, η et ϖ indépendants. C'est l'étude des particularités de ce complexe qui montrera quelles sont les hypothèses possibles sur θ_P et θ_G. On pourra inversement remonter à partir d'une loi de mouvement trouvée expérimentalement, qui, fixant ϖ en fonction de ω et η, réduit ce complexe à une congruence.

PHARMACODYNAMIE. — *Durée des effets inhibiteurs de l'adrénaline sur l'intestin isolé de Cobaye; sa prolongation par des dérivés hydroxylés de la flavone. Emploi d'un dispositif nouveau pour cette étude.* Note ([1]) de M. **Jean Lavollay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Sur un organe tel que l'intestin de Cobaye plongeant dans un bain de tyrode, l'action inhibitrice de l'adrénaline est, comme l'on sait, relati-

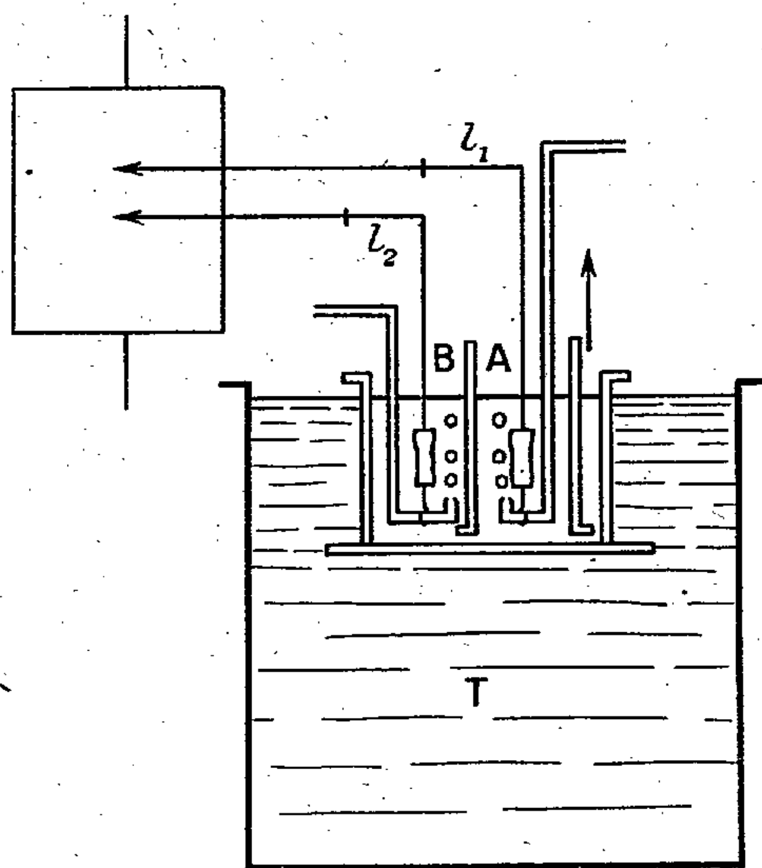
---

([2]) Ce qui revient à donner une expression mathématique à la suggestion de Descartes (*Traité de l'Homme*, 1677) et aux résultats de Sherrington (1892) sur la commande réciproque des muscles antagonistes.

([1]) Séance du 2 février 1942.

vement brève; les contractions rythmiques s'arrêtent, l'organe est relâché, puis il retrouve progressivement sa longueur initiale et ses contractions normales. L'adrénaline s'oxydant assez rapidement, il était intéressant de chercher si la cessation des effets provient d'une disparition du poison ou d'une diminution de sensibilité de l'organe. Plusieurs auteurs se sont déjà attachés à ce problème (²),

Dans le but d'analyser les phénomènes au cours du temps, la nécessité est apparue de pouvoir tester le bain, à quelque moment convenablement choisi, au moyen d'un organe neuf n'ayant subi aucun traumatisme. C'est pour répondre à ce besoin que J. Neumann a établi la double cuve figurée ci-dessous, que nous avons communément utilisée.



Dans un thermostat T est placée une cuve de verre de section circulaire B (capacité 200$^{cm^3}$). Un manchon cylindrique A, limitant un volume de 50$^{cm^3}$, repose sur le fond de la cuve B; son rebord inférieur est rodé et garni de graisse. Le manchon A peut être soulevé à la main et maintenu dans cette position par un support.

Deux organes, aussi semblables que possible, sont fixés à l'intérieur

---

(²) En particulier, FRITZ, *Pflügers Arch. f. d. g. Physiol.*, 220, 1928, p. 495; MORIN, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 372; TIFFENEAU et SCHEINER, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 448.

de A et de B. Les stylets inscripteurs l_1 et l_2 sont réglés de manière à ce que leurs rapports d'amplification soient identiques. Les cuves B et A sont remplies de 200^{cm^3} de solution de tyrode et le manchon A assujetti ensuite au fond de la cuve.

Si l'agent pharmacodynamique est ajouté dans la cuve B, l'organe plongeant dans cette cuve va réagir de manière normale; le deuxième organe restant intact. Pour reconnaître si les propriétés du liquide B se modifient, on soulève le manchon A, les deux liquides se mélangent et l'organe situé en A se comporte comme un *analyseur* de ce liquide. On tiendra compte dans l'interprétation des résultats de la dilution correspondante.

L'application de ce dispositif à l'étude de l'action de l'adrénaline sur le gros intestin de Cobaye, a montré que les réponses de l'organe analyseur restent constamment proportionnelles à celles de l'organe en expérience. Si la communication des deux liquides est assurée à l'instant même du retour de l'organe B à sa position première, l'organe analyseur ne réagit pas.

Le retour de l'intestin à sa position initiale tient donc au fait que le poison a été détruit dans une mesure telle qu'il n'agit plus sur un organe neuf et non à ce que l'intestin est devenu insensible à l'adrénaline.

L'inhibition est souvent suivie d'une phase au cours de laquelle l'organe se raccourcit et subit de plus amples contractions spontanées. L'organe analyseur, mis alors en relation avec le bain, n'accuse aucune modification de son tonus ni de ses contractions pendulaires. *La seconde phase de la réponse de l'intestin à l'adrénaline n'est donc pas due à une propriété acquise par le bain (produit de destruction de l'adrénaline, diffusion d'une substance provenant de l'organe). Il s'agit d'une réaction secondaire de l'organe en expérience.*

Dans une autre série d'essais, on a ajouté au bain de tyrode des substances dérivées de la flavone, capables d'inhiber l'autoxydation de l'adrénaline ([3]). La durée de la réponse de l'intestin isolé de Cobaye est alors très prolongée ([4]). *On démontre facilement, à l'aide de l'organe analyseur, que la teneur en adrénaline reste, pendant toute la durée de l'allongement du premier organe, en relation étroite avec le taux d'allongement de celui-ci.* Le retour de l'organe à sa position initiale est très retardé,

---

([3]) LAVOLLAY et NEUMANN, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 251.
([4]) LAVOLLAY, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1193.

mais se produit au moment où l'abaissement de la concentration en adrénaline a atteint un taux tel qu'elle est inactive sur l'organe analyseur.

La prolongation des effets inhibiteurs de l'adrénaline sur l'intestin de Cobaye par les dérivés actifs de la flavone est donc bien due à l'inhibition de l'oxydation de cette substance.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 26 janvier 1942.)

Note de M. *Roger Servant*, Sur la dispersion des constantes de Kerr et de Cotton-Mouton :

Page 160, ligne 10, *au lieu de* hypothèse de Gaus, *lire* hypothèse de Gans.

Note de Mlle *Marie Théodoresco*, Étude par effet Raman d'un complexe molybdomalique :

Page 170, ligne 5, *au lieu de* $2M.(NH^4)$, *lire* $2M.(NH^4)^2$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1942.

Revista enciclopedicà. Aprilie-septemvrie 1941. Nos 2-3.

La rotation non uniforme du Soleil, les courants marins, les calmes, les vents alizés et les bandes de Jupiter et de Saturne considérés comme un même phénomène, par Ioan Corbu. Extrait de *Rotatiunca corpurilor nesolide.* Cluj, Dacia Traiană, 1941; 1 fasc. 21^{cm}.

Musique numérique (Arithmétique musicale). Gammes diatoniques à sept intervalles obtenues par carrés harmonisés d'origine pantonale, par John Kent-Monnet. Nice, Établissements E. Gimello, 1942; 1 fasc. $24^{cm},5$.

Annuaire pour l'an 1942, publié par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol. 19^{cm}.

Première vérification périodique des mètres prototypes nationaux et détermination de quelques nouveaux prototypes, par Albert Pérard, Louis Maudet et Charles Volet. Extrait du Tome XX des *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et mesures.* Paris, Gauthier-Villars, 1940; 1 vol. 32^{cm} (présenté par M. É. Borel).

Étude des étalons en quartz témoins de l'unité métrique internationale. Valeurs. Dilatabilités. Indices, par Albert Pérard. Extrait du Tome XX des *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures.* Paris, Gauthier-Villars, 1941; 1 vol. 31^{cm} (présenté par M. É. Borel).

Centre anticancéreux de Montpellier. *Semi-conducteurs et électrophysiologie,* par Jean-A. Reboul. Montpellier, Imprimerie de la Charité, 1941; 1 vol. 24^{cm}.

Supplément aux *Archives de physique biologique.* Tome XV, 1940–1941, nos 47-48-49. *Comptes rendus des séances de la Société de physique biologique de France.* Clermont-Ferrand, Imprimerie générale, 1941; 3 fasc. $23^{cm},5$.

Conseil international des Unions scientifiques. Union géodésique et géophysique internationale. *Association de séismologie. Comptes rendus des séances de la septième conférence réunie à Washington,* D. C., *du* 4 *au* 15 *septembre* 1939, rédigés par le secrétaire de la conférence Frank Neumann et publiés dans les deux langues par le secrétaire général Edmond Rothé. Toulouse, Édouard Privat, 1940; 1 vol. 25^{cm}.

Souvenirs et travaux d'un chimiste, par Amé Pictet. Neuchâtel (Suisse), Aux Éditions de la Baconnière, 1941; 1 vol. 19^{cm}.

Maison de la Chimie. Centre de perfectionnement technique. Cours-Conférences. *L'amélioration de la betterave à sucre et les lois de la physiologie. A la recherche de la super-betterave,* par Henri Colin. Paris, centre de documentation chimique, 1940-1941; 1 fasc. polygraphié 27^{cm}.

Société botanique de France. *Notes et Mémoires sur la végétation et la flore du pays basque*, publiés sous la direction de PIERRE ALLORGE avec la collaboration de Mme VALIA ALLORGE et de MM. JEAN FELDMANN, HENRI GAUSSEN, CAMILLE GUINET, GONTRAN HAMEL, ROGER HEIM, GEORGES HIBON, PAUL JOVET, ROBERT LAMI, ÉMILE MANGUIN et JULES PAVILLARD. Paris, Au siège de la Société, 1941; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. A. Chevalier).

Université de Strasbourg. Faculté des Sciences. *Annales de l'Institut de physique du globe*, 1937, publiées sous la direction de EDMOND ROTHÉ. Nouvelle série. Tome II. Deuxième partie. *Séismologie. Observations des stations françaises. Bulletin du Bureau central séismologique français.* Mende, Imprimerie G. Pauc, 1940; 1 fasc. 32cm,5.

Idem. — Troisième partie. *Géophysique*. Mende, Imprimerie G. Pauc, 1940; 1 fasc. 32cm,5.

Institut de France. Académie des Sciences. Observatoire d'Abbadia. *Sixième catalogue comprenant* 1376 *étoiles dont* 742 *fondamentales de* $+45^\circ$ *à* -26° *observées en* 1930, 1931, 1932, *réduites à* 1925,0. Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1941, 1 fasc. 32cm,5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 FÉVRIER 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE D'ÉTAT A L'ÉDUCATION NATIONALE ET A LA JEUNESSE** adresse ampliation de l'arrêté approuvant l'élection que l'Académie a faite de M. **LOUIS DE BROGLIE** pour occuper la place de Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques vacante par le décès de M. *Émile Picard*.

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **LOUIS DE BROGLIE** vient siéger au bureau de l'Académie.

En prenant place au bureau, M. **LOUIS DE BROGLIE** s'exprime en ces termes :

Monsieur le Président, mes chers Confrères,

Au moment où je prends place à votre bureau en qualité de Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques, je dois vous adresser à tous mes remerciements émus et sincères pour la marque de confiance et d'estime que vous m'avez donnée en m'appelant à ces hautes fonctions. C'est pour moi un grand honneur d'accéder à un tel poste et de voir mon nom s'ajouter à la suite d'une liste qui contient tant de noms illustres. De cet honneur, je m'efforcerai de me rendre digne. Sans négliger pour cela ni les recherches personnelles qui sont la joie de ma vie, ni les enseignements où je m'efforce de répandre dans de jeunes esprits les idées nouvelles dont la Physique atomique contemporaine est aujourd'hui toute impré-

gnée, j'aurai à cœur de remplir avec exactitude les devoirs de ma nouvelle charge.

Ce n'est pas, je l'avoue, sans quelque sentiment d'humilité que je viens à cette heure remplacer à ce bureau le mathématicien au génie lucide, le penseur à l'immense culture, l'homme au grand cœur et à la droite raison que fut M. Émile Picard : car peut-on vraiment remplacer un tel représentant des plus hautes valeurs de l'esprit? Mais, puisque l'inexorable loi qui limite la durée de nos vies humaines vous a obligés à lui chercher un successeur et que vous avez eu l'indulgence de me choisir, j'aborderai avec courage la tâche imprévue qui m'incombe. Pour m'efforcer de la bien remplir, je me laisserai guider par les conseils et la longue expérience de mon vénéré Collègue, M. Alfred Lacroix, qui, depuis près de trente ans, n'a pas cessé de veiller avec une clairvoyante vigilance sur les destinées de notre Compagnie et pour qui nous avons tous le plus respectueux attachement. Je m'appuierai aussi sur l'autorité de nos présidents successifs qui sont d'illustres savants et d'aimables Confrères. J'aurai enfin recours aux bons offices de notre secrétaire-archiviste, M. Pierre Gauja, dont l'entier dévouement à notre Académie est bien connu de nous tous. Et j'espère ainsi pouvoir ne pas me montrer trop inégal aux fonctions délicates que vous m'avez confiées.

Pour orienter mon action, j'aurai d'ailleurs toujours dans ma pensée le souvenir du grand rôle qu'a joué et que joue notre Compagnie. Depuis près de trois siècles en effet, sous des formes qui ont varié, mais avec une continuité presque ininterrompue, l'Académie des Sciences de Paris a à la fois stimulé et personnifié la pensée scientifique française. De là, vient le grand prestige qu'en France comme à l'étranger elle n'a pas cessé de conserver. Ce grand rôle historique, il importe essentiellement à l'heure présente qu'elle continue à le remplir dans toute sa plénitude. Pendant la période difficile que nous traversons, il est plus que jamais nécessaire que s'affirme, dans toutes les branches de la pensée, la vigueur du génie français, marquant ainsi la persistance d'une flamme qui ne veut pas s'éteindre. Dans la période qui suivra et qui sera, nous l'espérons tous, celle du relèvement de notre pays, l'importance des recherches scientifiques sera grande à la fois dans le domaine de la science pure, où nous avons à maintenir un prestige qui fut toujours éclatant, et dans le domaine de la science appliquée dont le concours sera indispensable pour le pansement de nos blessures et la restauration de notre économie. Auréolée par l'éclat de son glorieux passé et par le renom des savants éminents qui la com-

posent, notre Académie aura alors une grande œuvre à accomplir : celle de présider à un essor nouveau de l'activité scientifique française.

Telles sont les pensées qui s'imposent à mon esprit au moment où je deviens votre Secrétaire perpétuel : elles me paraissent devoir éclairer devant moi la route où je vais m'engager. Car, pour permettre l'accomplissement des grands devoirs que notre Compagnie aura à remplir, il faudra, comme par le passé, que son travail soit préparé, que son activité soit facilitée, que ses traditions soient maintenues, que ses intérêts soient défendus. Or c'est là la besogne essentielle des deux personnages qui, généralement assis aux deux extrémités de votre bureau, assistent silencieux et attentifs, comme des anges gardiens, à vos séances ordinaires et à vos Comités secrets. C'est par leur travail discret, mais continu, que doit être assuré le bon fonctionnement de la haute autorité scientifique que vous constituez, fonctionnement dont les détails sont, plus peut-être qu'il ne peut paraître au premier abord, nombreux et délicats. En m'appelant à être l'un de vos Secrétaires perpétuels, vous m'avez donc tracé mon devoir : à l'accomplissement de ce devoir, avec votre concours et dans le poste où votre confiance vient de me placer, je consacrerai désormais toutes mes forces.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rendement en furfural de divers tissus lignifiés.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks**.

Par l'étude du tronc et des branches de nos principales espèces d'arbres indigènes, nous avons montré que le bois donne naissance, lorsqu'on le chauffe avec de l'eau acidifiée, à des proportions importantes de furfural (1).

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 961. Par suite d'une erreur qui s'est glissée au moment de la mise en pages, il faut lire dans cette Note :

Page 963, lignes 7 et 8, *au lieu de* dans le bois des branches que dans celui du tronc, *lire* avec le bois des branches qu'avec celui du tronc.

Même page, rétablir le tableau de la façon suivante :

	Tronc.	Moyenne.	Branches.	Moyenne.
Angiospermes (%)	2,4 à 9,7	4,3	4,8 à 10,3	6,3
Gymnospermes (%)	2,4 à 3,8	3,2	3,6 à 5,0	4,5

Lignes 12, 13 et 14, *lire* Ces différences s'ajoutent à celle que nous avons déjà signalée et, dans une certaine mesure, la corroborent, à propos de la teneur en glucides facilement hydrolysables du tronc et des branches (3); ....

Depuis, nous avons étendu cette étude à d'autres tissus ou produits végétaux plus ou moins lignifiés : des pailles, des coques de fruits, des fibres textiles, jusque et y compris du coton brut et du coton purifié *hydrophile*.

Sauf en ce qui concerne le coton brut, les échantillons dont nous nous sommes servis provenaient des lots que nous avions déjà examinés à d'autres points de vue ([2]). Toutefois le coton des Indes anglaises utilisé jusqu'ici, étant épuisé, a été remplacé par du coton d'Algérie. En outre il a été ajouté aux échantillons de coques celles du fruit d'Arachide. La détermination des rendements en furfural a été effectuée exactement de la même manière que pour les bois, en opérant sur des prises d'essai de 2g. Ces rendements, exprimés en grammes par rapport aux matières sèches, sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Substance.	Furfural %.	Substance.	Furfural %.
Paille d'avoine..........	2,46	Raphia................	3,22
» de froment......	6,73	Coque d'abricot.........	4,10
» d'orge...........	3,20	» de noix..........	3,68
» de seigle.........	3,03	» de coco..........	4,45
Feuille d'alfa...........	2,28	» d'arachide.........	1,84
Fibre de chanvre.......	0,96	Balle de riz (Indochine).	6,94
» de coco..........	3,22	Moelle de sureau.......	1,25
» de jute..........	1,56	Poil de coton brut (Algérie).	0,54
» de lin (Lille).....	0,30	Coton hydrophile........	0,26
» de ramie.........	1,16		

Comme nous l'avons mentionné antérieurement, la formation du furfural aux dépens des tissus lignifiés est due principalement à l'existence de pentoses engagés sous forme de combinaisons plus ou moins complexes dans les membranes cellulaires ([1]). C'est ainsi que l'on a pu extraire du bois des arbres angiospermes par l'action de la soude diluée, de fortes proportions d'un polyholoside, appelé d'abord *gomme de bois* et plus tard *xylane*, presque entièrement transformable par simple chauffage avec de l'eau acide en xylose. Ce pentose est ensuite converti, par perte d'eau et cyclisation du résidu carboné, en furfural.

D'après des expériences déjà anciennes de l'un de nous ([3]), les pailles de céréales, les feuilles d'alfa, les coques de noix se comportent de la même

([2]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 293; **207**, 1938, p. 952; **210**, 1940, p. 773; **212**, 1941, p. 739.

([3]) Gab. Bertrand, *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 1492.

manière que le bois des Angiospermes, et l'on comprend que ces productions végétales, et celles qui leur sont voisines, permettent d'obtenir des proportions importantes de furfural.

Il n'en est plus de même quand il s'agit des fibres textiles, en général peu ou presque pas lignifiées, et, à plus forte raison, des poils de coton qui ne le sont pas du tout. En attendant de nouvelles expériences, on peut admettre que les rendements en furfural obtenus avec ces fibres et ces poils sont dus encore à du xylose engagé sous forme de gomme, comme dans la paille des céréales, ou lié autrement dans la membrane cellulosique; mais il semble également vraisemblable que des composés pectiques puissent intervenir. Ces composés donnent par hydrolyse acide, d'après les recherches de F. Ehrlich ([4]), de l'arabinose et de l'acide galacturonique; or le premier est transformable en furfural, comme son isomère le xylose, et le second est décomposable, dans les mêmes conditions, en acide carbonique et en furfural.

Si l'on passe à présent des considérations théoriques suggérées par les résultats du tableau aux considérations pratiques, on ne peut manquer d'être frappé par la forte proportion de furfural que fournit l'enveloppe ou balle des grains de riz. Dans une expérience sur 250^g de cette matière végétale, provenant d'Indochine, mais d'un autre lot que celui d'où était tiré le chiffre du tableau, nous avons séparé, par une série de distillations fractionnées, à la fin au réfrigérant ascendant de Schlœsing, 19^g,1 d'un liquide jaune paille plus dense que l'eau, d'odeur caractéristique, formé exclusivement de furfural, ce qui correspond à un rendement de 75^g par kilogramme de balles. On exporte annuellement d'Indochine une quantité de riz équivalent, en nombres ronds, à 250000^t de balles. Celles-ci sont ordinairement brûlées soit comme combustible, soit pour en préparer les cendres que l'on utilise comme engrais. Étant données les applications croissantes du furfural dans l'industrie, il semble que l'on pourrait faire des balles de riz une utilisation plus rationnelle et plus avantageuse.

([4]) *Chem. Ztg*, **41**, 1917, p. 197.

MOTEURS THERMIQUES. — *Formules simplifiées de la turbine à gaz.* Note de M. MAURICE ROY.

1. Comme il pouvait être prévu avec certitude [1], la turbine à combustion interne aborde aujourd'hui le domaine de l'application industrielle en utilisant la combustion isobare, un rapport de compression relativement faible et un excès d'air considérable.

La réduction générale des températures du fluide évoluant permet d'éviter un refroidissement externe de la machine, qui tend ainsi, *naturellement*, vers le fonctionnement adiabatique. Tout au plus intervient-il actuellement, en attendant un accroissement du taux de compression avec des rendements spécifiques suffisants du compresseur et de la turbine, une récupération partielle de la chaleur des gaz, à l'issue de la turbine, sur l'air sortant du compresseur.

On peut raisonner ici comme si le fluide évoluant, avant comme après combustion, conservait une chaleur spécifique invariable et, au besoin, indépendante de la température (si l'on préfère, on raisonne sur une chaleur spécifique moyenne dans la zone utilisée de températures modérées). En outre, on doit naturellement comparer le fonctionnement du compresseur et de la turbine à l'adiabatique réversible. Enfin il est essentiel de tenir compte de la limite admissible pour la température de l'aubage de turbine, qui joue un rôle essentiel quant à la possibilité de réalisation et qui tient compte de l'effet thermique dynamique imputable à la vitesse relative du fluide à l'entrée de cet aubage.

Ces circonstances permettent une simplification intéressante des formules concernant le rendement thermique effectif η de la turbine à gaz du type considéré (compression quasi adiabatique, réchauffement isobare, combustion isobare et quasi complète, détente quasi adiabatique, refroidissement isobare compensateur de la seconde phase).

La présente Note a pour objet de présenter ces formules qui permettent la discussion la plus générale des possibilités d'application en fonction des conditions essentielles de fonctionnement des éléments de la machine complète.

II. Soient T_0 la température (absolue) de l'air ambiant, γT_0 l'échauf-

---

[1] Cf. mon Mémoire *Turbine à combustion interne* (*Comptes rendus de l'Association Technique Maritime et Aéronautique*, session de 1928, Paris, p. 331).

fement que produirait la compression adiabatique réversible, au rapport de pressions réalisé, βT_0 l'échauffement supplémentaire produit par la combustion (de rendement thermique η_b) après compression et réchauffage, portant la température (absolue) avant détente à T_d.

Soient, d'autre part, respectivement pour les machines de compression et de détente, ρ'_c et ρ_c, ρ'_d et ρ_d leurs rendements internes (ρ') et effectifs (ρ) par rapport à l'adiabatique réversible. Soit également η_r le rendement thermique du régénérateur dans le transfert de la chaleur disponible des gaz issus de la turbine à l'air issu du compresseur.

Enfin, soit $T_l = (1+\lambda)T_0$ la température limite admise pour l'aubage de la turbine, basée sur une température fictive de l'écoulement fluide relatif. On peut poser

$$T_l = (1+\lambda)T_0 = \left[1 - \frac{\tau\gamma}{1+\gamma}\right]T_d, \tag{1}$$

τ dépendant de la nature de la turbine (niveau de pression du premier étage, type de l'aubage à action ou à réaction, régime de marche comparé à celui de rendement interne optimum). Pour une turbine à une seule roue (à action) et le régime optimum, on peut poser $\tau \cong 0,8$.

III. Le paramètre β est lié à l'excès relatif α d'air dans le mélange air + combustible, au pouvoir calorifique L du combustible à pression constante (en Cal/kg), au rapport massique m air/combustible du mélange strict et à la chaleur spécifique à pression constante C de l'air (en Cal/kg) par

$$\eta_b L = m(1+\alpha)C\beta T_0. \tag{2}$$

Pour un combustible analogue aux huiles de pétrole, on a sensiblement, avec les unités adoptées,

$$\alpha = \frac{10}{\beta} - 1. \tag{3}$$

IV. Avec les définitions ci-dessus posées, on peut établir les formules

$$\beta = \frac{\rho'_c(1+\lambda)[(1+\gamma)(1-\eta_r)+\gamma\eta_r\rho'_d] - (1-\eta_r)(\rho'_c+\gamma)[1+(1-\tau)\gamma]}{\rho'_c[1+(1-\tau)\gamma]}, \tag{4}$$

$$\eta = \eta_b\left[\frac{(1+\lambda)\rho_c\rho_d}{1+(1-\tau)\gamma} - 1\right]\frac{\gamma}{\rho_c\beta}, \tag{5}$$

qui permettent, *d'une façon très générale et avec une très bonne approximation*, toutes les discussions envisagées.

V. *Application à la machine parfaite.* — Caractérisons cette machine par l'égalité à l'unité des rendements de la compression, du réchauffage, de la combustion et de la détente, ainsi que par l'annulation de l'effet thermique dynamique ($\tau = 1$) sur l'aubage d'une turbine à un seul étage et à action. On obtient alors

$$(6) \qquad \eta = \frac{\lambda}{1+\lambda},$$

et le rendement de la machine ne dépend que de la température limite relative $T_l/T_0 = (1+\lambda)$ admise pour l'aubage unique. Il ne dépend pas du rapport de compression défini par γ, tandis que l'excès relatif d'air α, pour une turbine à pétrole, en dépend par la relation approximative

$$(7) \qquad \alpha = \frac{10}{\gamma(1+\lambda)} - 1.$$

Si l'on supprime le réchauffeur (parfait) d'une telle machine, auquel cas $\eta_r = 0$, le rendement devient

$$\eta = \frac{\gamma}{1+\gamma},$$

qui ne dépend plus de la température limite relative $(1+\lambda)$ de l'aubage, mais seulement du rapport de compression (γ). Mais l'excès relatif d'air en dépend et reste, d'ailleurs, donné par la même expression (7).

VI. *Application à une machine réelle.* — Supposons une machine réelle brûlant du fuel-oil et telle qu'elle paraît réalisable actuellement avec un bon compresseur axial et une bonne turbine, soit avec

$$\eta_b = 0{,}98; \quad \gamma = 0{,}48; \quad T_l = 773°; \quad \tau = 0{,}8; \quad \eta_r = 0{,}5;$$
$$\rho'_c = 0{,}82; \quad \rho_c = 0{,}78; \quad \rho'_d = 0{,}85; \quad \rho_d = 0{,}81.$$

Pour une température ambiante normale ($T_0 = 273 + 15°$), on aura

$$\eta = 0{,}216; \quad \alpha = 5{,}62.$$

Pour une température ambiante majorée de 35° ($T_0 = 323°$), on aura

$$\eta = 0{,}180; \quad \alpha = 6{,}93.$$

Dans le second cas, qui peut correspondre au fonctionnement en plein été saharien par rapport à notre climat, le rendement thermique se trouve diminué de 17 % et la puissance utile, au même régime de fonctionnement, diminuée de 38 %.

Ce défaut de la turbine à gaz en de telles conditions, un peu supérieur à celui d'autres machines thermiques, laisse à la première l'avantage essentiel qu'elle tire de cette caractéristique apparemment paradoxale d'être une machine thermique *froide*, en ce sens qu'elle ne nécessite pas de refroidissement extérieur, si difficile à assurer dans les régions désertiques et torrides.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats au poste de Directeur de l'*Institut de Physique du Globe* de Paris.

MM. **Nicolas Abramescu**, **Theodore Anghelutza**, **Georges Calugareanu**, **Demetre Ionescu**, **Pierre Sergescu**, professeurs de mathématiques de l'Université de Cluj, provisoirement à Timisoara, adressent l'expression de leurs sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *Émile Picard*.

M. **Albert Vandel** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Chactas Hulin. *Les Parodotoses pyorrhéiques ou pyorrhées alvéolaires* (*Complexus de* Fauchard-Bourdet).

CHALEUR. — *Sur la convection vive d'un fluide s'écoulant en régime laminaire le long d'une plaque.* Note [1] de MM. **Yves Rocard** et **Marcel Véron**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons généralisé [2] l'équation de la convection calorifique au cas où le fluide est le siège d'une réaction ou d'une transformation sensiblement

---

[1] Séance du 19 janvier 1942.

[2] *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 988.

équimoléculaire, dégageant ou absorbant une quantité de chaleur $\pm q$ dans l'unité de volume et de temps. En régime permanent, il vient

$$(1)\quad c\rho\left(u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}\right)-\lambda\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)=\pm q(u, v, w, x, y, z).$$

Pour l'écoulement plan d'un fluide dans le sens Ox au-dessus d'une plaque présentant l'arête Oz comme bord-limite dans le fluide, on a

$$v=w=0, \qquad \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}=0, \qquad \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\sim 0.$$

La distribution $u(x, y)$ de la vitesse dans la couche-limite d'épaisseur $\delta(x)$ est connue.

Si nous suivons une particule de fluide dans son mouvement, les valeurs successives de q sont uniquement fonction de u et de x, y étant hors de cause si l'on néglige à cet égard les effets de la diffusion. La fonction $q(u, x)$ est donnée par l'évolution supposée connue de la réaction.

Pohlhausen, qui a intégré (1) en ignorant l'existence possible de q, a montré qu'on pouvait alors satisfaire aux conditions limites en considérant la température T comme fonction de la seule variable auxiliaire $Z=y/\sqrt{x}$, ainsi que l'est déjà u dans la solution de Blasius pour le mouvement.

Notre but est ici de calculer, en tenant compte de q, un coefficient de convection qui puisse se comparer directement à celui de Pohlhausen.

Pour y parvenir, il faut accepter des approximations sur la forme même de l'équation, et faire la comparaison par tranches Δx successives.

Posons que, dans chaque tranche, T est fonction de Z seul, sa valeur T_∞ à l'infini étant considérée comme un paramètre qui caractérise cette tranche. On a

$$(2)\qquad \frac{\partial T}{\partial x}=-\frac{1}{2}\frac{Z}{x}\frac{dT}{dZ} \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}=\frac{1}{x}\frac{d^2 T}{dZ^2}.$$

L'équation (1) devient

$$(3)\qquad \frac{1}{2}c\rho u Z\frac{dT}{dZ}+\lambda\frac{d^2 T}{dZ^2}=\mp x q(u, x).$$

Dans chaque tranche Δx, u est une fonction connue de Z, lentement modulée d'une tranche à une autre par la vitesse à l'infini u_∞, que règle T_∞.

Q_f étant la chaleur potentielle des molécules qui sont initialement comprises dans l'unité de volume en déplacement, il est aisé de voir que,

pour toute loi de réaction propre à ces molécules, on peut, dans chaque tranche Δx, écrire

$$\overline{x\,q(u,\,x)} = \overline{m}\,u\,Q_f, \tag{4}$$

où $\overline{m}$ est un nombre pur groupant des moyennes locales prises sur des quantités qui varient lentement avec Z, alors que u varie très rapidement à partir de zéro. La valeur de $\overline{m}$ définie par cette équation reste inférieure à 1, et elle tend vers zéro quand x est nul ou infini ; nous la discuterons pour quelques lois de réaction.

L'équation (3) étant ainsi explicitée, faisons-en disparaître tout facteur dimensionnel en rapportant Z et u aux valeurs limites qu'ils prennent quand y s'égale à l'épaisseur $\delta(x)$ de la couche freinée. Posons

$$\frac{Z}{Z_\delta} = \frac{y}{\delta_x} = \zeta \qquad \text{et} \qquad \frac{u}{u_\infty} = \mu, \tag{5}$$

avec, d'après Blasius,

$$Z_\delta = \frac{\delta_x}{\sqrt{x}} = 6\sqrt{\frac{\nu}{u_\infty}} \qquad \text{et} \qquad \mu = 2\zeta - 2\zeta^3 + \zeta^4. \tag{6}$$

Les variables auxiliaires liées $\zeta(x, y)$ et $\mu(x, y)$ croîtront de 0 à 1 sur l'épaisseur de la couche-limite.

Notant que $\lambda/c\rho\nu = \mathcal{S}$, nombre de Stanton, l'équation (3) s'écrit alors

$$\frac{1}{2}\mu\zeta\frac{dT}{d\zeta} + \frac{\mathcal{S}}{36}\frac{d^2T}{d\zeta^2} \pm \frac{\overline{m}\,Q_f}{c\rho}\mu = 0. \tag{7}$$

Visant surtout les cas où les températures *absolues* sur la paroi et à l'infini sont suffisamment comparables (liquides, flammes de fours), on admettra pour $\mathcal{S}$ (liquides) et $c\rho$ (gaz) des valeurs fixes répondant à des températures moyennes dans les tranches successives.

La solution générale en $dT/d\zeta$ de l'équation (7) est

$$\frac{dT}{d\zeta} = \left[D \mp \int_0^\zeta \frac{36\,\overline{m}\,Q_f}{\mathcal{S}\,c\rho}\,\mu\,e^{\int_0^\zeta \frac{18}{\mathcal{S}}\mu\zeta\,d\zeta}\,d\zeta\right] e^{-\int_0^\zeta \frac{18}{\mathcal{S}}\mu\zeta\,d\zeta}, \text{ d'où à la paroi } \left(\frac{dT}{d\zeta}\right)_{\zeta=0} = D. \tag{8}$$

La constante D se trouve déterminée par le fait, qu'intégré depuis la plaque jusqu'à la frontière de la couche-limite (ζ variant de 0 à 1), $dT/d\zeta$ doit restituer l'écart local moyen entre la température T_∞ du fluide à l'infini et la température θ_0 de la plaque.

On en déduit le coefficient de convection α_x rapporté à cet écart :

$$(9)\qquad \alpha_x = \frac{\lambda}{T_\infty - \theta_0}\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_{y=0} = \frac{\lambda}{(T_\infty - \theta_0)Z\delta\sqrt{x}}\left(\frac{dT}{d\zeta}\right)_{\zeta=0} = \frac{\lambda}{6}\sqrt{\frac{u_\infty}{\nu x}}\frac{D}{T_\infty - \theta_0}.$$

Il vient

$$(10)\qquad \alpha_x = \frac{\lambda}{6I_1}\sqrt{\frac{u_\infty}{\nu x}}\left[1 \pm \frac{36 I_2}{\mathfrak{S}}\frac{\bar{m}Q_f}{c\rho(T_\infty - \theta_0)}\right],$$

en posant

$$(11)\qquad I_1 = \int_0^1 e^{-\int_0^\zeta \frac{18}{\mathfrak{S}}\mu\zeta\,d\zeta}\,d\zeta \qquad \text{et} \qquad I_2 = \int_0^1 d\zeta\, e^{-\int_0^\zeta \frac{18}{\mathfrak{S}}\mu\zeta\,d\zeta}\int_0^\zeta \mu\, e^{\int_0^\zeta \frac{18}{\mathfrak{S}}\mu\zeta\,d\zeta}\,d\zeta.$$

$\mathfrak{S}$ est un nombre pur, caractéristique du fluide. La valeur 13,6 de $18/\mathfrak{S}$ correspond sensiblement à la composition moyenne des flammes; elle donne

$$I_1 \sim 0,5 \qquad \text{et} \qquad I_2 \sim 0,085.$$

Nous obtenons alors pour le coefficient de convection *moyen sur l'intervalle* Δx

$$(12)\qquad \alpha_x = 0,333\lambda\sqrt{\frac{u_\infty}{\nu x}}\left[1 \pm 2,3\frac{\bar{m}Q_f}{c\rho(T_\infty - \theta_0)}\right] = [\alpha_x]_1 + [\alpha_x]_2.$$

On voit qu'il est formé de la somme de deux termes.

Le premier terme $[\alpha_x]_1$, qui reste seul quand $Q_f = 0$, est classique; sa valeur a été calculée pour la première fois par Pohlhausen. Nous l'appellerons le terme de *convection morte*, par opposition au second $[\alpha_x]_2$, qui sera le terme de *convection vive*, pour rappeler qu'il est par exemple dû à une combustion vive, dans une flamme.

Le signe de ce deuxième terme, son sens physique et son ordre de grandeur appellent des commentaires d'intérêt pratique.

OPTIQUE. — *Relation entre les franges d'interférence des interféromètres à deux ondes et les interféromètres à ondes multiples.* Note [1] de M. **P.-Michel Duffieux**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les interféromètres à deux ondes, comme celui de Michelson, donnent toujours des franges pratiquement sinusoïdales où la distribution de l'intensité est donnée, en fonction de l'ordre N d'interférence, par une fonction de la forme

$$\mathcal{I} = a + b\cos 2\pi N.$$

---

[1] Séance du 2 février 1942.

Pour une raie infiniment fine, a et b seraient égaux et constants; pour une raie de largeur finie, a et b sont des fonctions différentes de N lentement variables. Michelson a appelé *visibilité* à l'ordre N le rapport b/a.

La distribution de l'intensité dans une raie large, c'est-à-dire, en somme, son spectre, peut toujours être représentée par une intégrale de Fourier, et, pratiquement, dans le cas d'une raie fine entièrement contenue dans un intervalle $\Delta\lambda$, par une série de Fourier de période fondamentale $\Delta\lambda$ (²)

$$I_{(\lambda)} = \frac{A'_0}{2} + \sum_1^\infty A'_p \cos 2p\pi \frac{\lambda - \lambda_0}{\Delta\lambda} + B'_p \sin 2p\pi \frac{\lambda - \lambda_0}{\Delta\lambda},$$

où λ_0 est une longueur d'onde de référence. Posons

$$N_0 = \frac{\lambda_0}{\Delta\lambda}, \qquad R'^2_p = \frac{A'^2_p + B'^2_p}{A'^2_0},$$

$$N = pN_0, \qquad \operatorname{tang}\Phi'_p = \frac{B'_p}{A'_p}.$$

Lord Rayleigh a montré (³) qu'à l'ordre N la visibilité des franges de deux ondes est égale à R'_p. Les courbes de visibilité de Michelson donnent donc les modules, mais non les phases Φ'_p de la série de Fourier donnant la forme de la raie.

Ces phases Φ'_p sont les déplacements apparents des franges de la raie large par rapport à celles de la radiation λ_0 de référence, l'interfrange étant cotée 2π. Les courbes donnant Φ' en fonction de N ont été données par A. Pérard (⁴), en prenant comme raie de référence la raie rouge du cadmium « admise comme simple et symétrique ».

Une sélection de points de cette courbe peut être donnée par l'analyse harmonique d'un seul système de franges d'un appareil à ondes multiples, comme l'interféromètre Perot-Fabry. A l'ordre N_0 ces franges peuvent être représentées par une série de Fourier de période fondamentale $\Delta\lambda$

$$\mathcal{I}(\delta) = \frac{A_0}{2} + \sum_1^\infty A_p \cos 2p\pi \frac{\delta}{\lambda_0} + B_p \sin 2p\pi \frac{\delta}{\lambda_0}.$$

Dans le cas d'une optique parfaite, en posant

$$R_p^2 = \frac{A_p^2 + B_p^2}{A_0^2}, \qquad \operatorname{tang}\Phi_p = \frac{B_p}{A_p},$$

(²) P.-MICHEL DUFFIEUX, *Rev. d'Opt.*, **18**, 1939, p. 201; *Bull. Soc. Sc. Bretagne*, **17**, 1940, p. 1.

(³) *Phil. Mag.*, **34**, 1892, p. 407.

(⁴) *Rev. d'Opt.*, **7**, 1928, p. 1.

on a, f étant le pouvoir réflecteur moyen des surfaces métallisées,

$$R_p = f^p R'_p, \qquad \Phi_p = \Phi'_p.$$

Dans le cas d'une optique imparfaite, j'ai montré ([5]) que l'étude de la topographie de la lame d'air épaisse permettait d'introduire des corrections liées au développement en série, dans la période λ_0, de la courbe de probabilité des erreurs de planéité et parallélisme que j'ai appelée indicatrice de relief

$$L(\varepsilon) = \frac{a'_0}{2} + \sum_1^\infty a'_p \cos 2p\pi \frac{2\varepsilon}{\lambda_0} + b'_p \sin 2p\pi \frac{2\varepsilon}{\lambda_0}.$$

En posant

$$\rho'^2_p = \frac{a'^2_p + b'^2_p}{a'^2_0}, \qquad \operatorname{tang}\varphi_p = \frac{b'_p}{a'_p},$$

on a

$$R_p = f^p \rho_p R'_p, \qquad \Phi_p = \varphi_p + \Phi'_p.$$

Ces corrections, très petites pour les différences de marche petites, croissent très rapidement aux ordres d'interférence élevés, où les erreurs sur leur évaluation finissent par rendre R'_p et Φ'_p complètement indéterminés.

L'analyse harmonique d'un seul système de franges en ondes multiples, à l'ordre N_0, donne donc les visibilités et les déplacements apparents des franges de deux ondes aux ordres N, multiples entiers de N_0. Le calcul des déplacements n'exige pas la mesure du pouvoir réflecteur f. L'indicatrice de relief pouvant être déterminée à un ordre quelconque, dans des conditions où toute raie fine peut être considérée comme infiniment fine, le théorème précédent permettrait de vérifier par des mesures absolues, indépendamment de toute raie de référence, la simplicité, la symétrie et plus généralement la forme d'une raie.

C'est un résultat auquel on pouvait s'attendre. Les interféromètres à ondes multiples utilisent une série théoriquement illimitée d'ondes dont les retards sont des multiples entiers de $N_0\lambda_0$; ils doivent donc fournir toutes les constantes caractéristiques de ces retards, et leur pouvoir de résolution théorique est infini.

([5]) *Rev. d'Opt.*, **18**, 1939, p. 1.

OPTIQUE. — *Durée de vie de la raie* λ 3076 Å ($4\,{}^1S_0 - 4\,{}^3P_1$) *du zinc.* Note (1) de M. **Henri Bruck**, présentée par M. Aimé Cotton.

La durée de vie de la raie de résonance λ 3076 Å du zinc a été mesurée dans un jet excité en un seul point par choc d'électrons lents. L'émission lumineuse dans le jet s'étale en décroissant au delà du point d'excitation. Mesurée par photométrie photographique et comparée à la courbe théorique, elle fournit la durée de vie τ. Le dispositif employé a déjà été sommairement décrit (2). Le présent essai sera exposé de façon détaillée d'autre part. Nous nous bornerons ici à indiquer les résultats.

L'expression utilisée pour la courbe théorique est

$$\mathcal{J}(x.\tau) = \frac{1}{x' + x} \int_0^\infty v\, e^{-\frac{v^2}{\alpha^2}}\, e^{-\frac{x}{v\tau}}\, dv.$$

Dans cette formule on suppose que le jet se propage suivant Ox. Il est excité au seul point $x = 0$. x' est la distance de la source d'atomes au point d'excitation. $\alpha = \sqrt{2kT/m}$ est la vitesse la plus probable dans la source d'atomes. Le facteur $1/(x' + x)$ tient uniquement compte de la variation de la luminosité du jet avec la densité atomique (3). Il est valable, si la source d'atomes ou bien sa projection dans le plan de la plaque photographique est ponctuelle, ce qui était le cas ici (fente). L'intégrale seule traduit la décroissance exponentielle de l'émission lumineuse des atomes dans un jet de densité constante. Elle peut être déduite d'une formule de Kœnig et Ellett (4), en considérant le domaine d'excitation comme de dimension négligeable par rapport au parcours moyen des atomes pendant le temps τ. L'ouverture angulaire du jet (1 : 3,5) est négligée.

La figure indique à l'échelle logarithmique les valeurs d'intensité mesurées dans notre essai, 5 encadrées par les courbes théoriques pour $\tau = 2{,}8$ et $3{,}2 \cdot 10^{-5}$ sec ($x' = 4{,}59$ cm, $\alpha = 4{,}26 \cdot 10^4$ cm/sec).

---

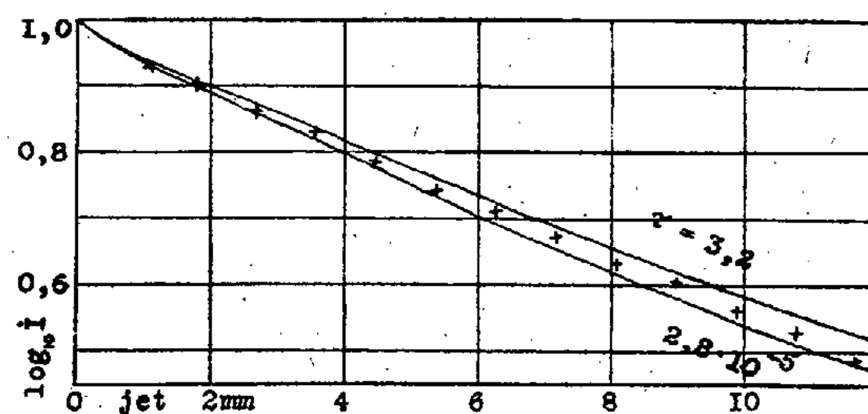
(1) Séance du 9 février 1942.

(2) H. Bruck, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1805.

(3) R. Minkowski et H. Bruck, *Zeitschr. f. Physik*, 95, 1935, p. 280.

(4) *Physical Review*, 39, 1932, p. 580.

La dispersion des points mesurés étant pour tous les essais à peu près aussi importante, la figure donne une idée de la précision de chaque



mesure. En plus, comme résultat général, elle démontre que la décroissance du rayonnement atomique est effectivement exponentielle.

Essai.	$\rho.10^5$ mm Hg.	H gauss.	Excitation.	$\tau.10^5$ sec.
1.......	1,7	1000	raie λ3076 Å seule	3,1
2.......	0,8	500	raie λ3076 Å seule	3,0
3.......	1,1	1000	raie λ3076 Å seule	2,8
4.......	1,1	1000	raie λ3076 Å seule	3,1
5.......	1,1	1000	raie λ3076 Å seule	3,1
6.......	2,5	1000	raie λ3076 Å seule	3,0
7.......	1,0	500	spectre entier	3,5
8.......	1,0	1400	spectre entier	3,4
9.......	1,0	1000	spectre entier	3,6

Le tableau donne quelques conditions expérimentales et les valeurs de durée de vie mesurées. ρ est la valeur moyenne de la densité atomique dans le jet, exprimée en millimètres de Hg à 0°C. Par sa variation, on peut se rendre compte de l'influence éventuelle sur la durée de vie des chocs ou de l'absorption intérieure. La densité avait été modifiée en agissant sur la température de la source d'atomes et mesurée après chaque essai par pesage du dépôt formé par la condensation du jet à la fin de son parcours. On voit que ni les chocs ni l'absorption intérieure n'interviennent plus. Il en est de même pour le champ magnétique H dans lequel le jet était placé et qui servait de lentille aux électrons excitateurs ([2]). Par contre, en cas d'excitation d'états supérieurs, le rayonnement décroît moins rapidement.

On déduit de ce tableau une durée de vie de l'état 4^3P_1 du zinc de

$$\tau = 3{,}0.10^{-5}\ \text{sec.} \pm 5\ \%.$$

Ce résultat d'une mesure directe de τ ne s'accorde pas très bien avec

celui déduit par Billeter (5) d'une mesure de l'absorption sélective de la même raie λ 3076 Å, qui, après une rectification par Soleillet (6), conduit à $\tau = 2,1.10^{-5}$ sec.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Échos sur ondes courtes à basse altitude.* Note de M. **Raymond Jouaust**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours de mesures quotidiennes de l'ionosphère assurées à Paris en 1938 et 1939 au milieu de la journée (en général vers 11h T.M.G.) par MM. Jouaust, Thellier et Jardy (1), il a été constaté, assez rarement mais avec netteté, des réflexions à des altitudes inférieures à la région E.

Nous avons comparé ces réflexions basses à la documentation recueillie par R. Bureau sur les propagations anormales de l'onde de 11000m au moyen de l'enregistrement permanent des atmosphériques sur cette onde. On sait que ces propagations anormales s'inscrivent sous l'aspect de violents renforcements à début brusque du nombre des atmosphériques (2).

Le tableau ci-dessous donne le résultat de ces comparaisons pour les trois exemples les plus nets de réflexions basses. Il est assez remarquable de constater que ces réflexions se sont produites les mêmes jours que des renforcements à début brusque sur 11000m. Pour les deux premiers exemples il y a de plus une simultanéité remarquable des échos bas et des renforcements. Pour le troisième, il n'y a pas simultanéité des échos bas avec les deux principaux renforcements de la journée; mais, au moment des réflexions basses, les courbes d'atmosphériques de Paris et de Tunis accusent de faibles crochets anormaux qui révèlent une ionosphère agitée.

	Échos.				Renforcements des atmosphériques.			
Dates.	Heures T. M. G.	λ (m).	Hauteurs (kms).	Nature.	Début.	Max.	Fin.	Localités
8 déc. 1938.	1545	65	75	très forts	1538	1545	1600	P. C.
13 mai 1939.	1110	65	90 à 100	très agités	1100	1125	1150	P. T.
1er août 1939.	1130	45	70 à 80	—	1500	1510	1600	P. T. C.
					1605	1616	1645	P. T. C.

P, Paris; C, Casablanca; T, Tunis.

(5) *Helvetica Physica Acta*, 7, 1934, p. 505.

(6) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 253.

(1) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 382.

(2) R. Bureau, *Journal de Physique*, 7e série, 10, 1939, p. 260.

Il semble donc bien que, dans les exemples ci-dessus, les échos se soient produits sur une couche d'ionisation exceptionnelle, de base très nette (gradient élevé), telle qu'en produisent les éruptions chromosphériques. Ces exemples donnent une confirmation directe de l'altitude à laquelle se produit cette ionisation.

Ils montrent de plus que l'ionisation anormale de la région D, qui entraîne en général l'absorption brusque des ondes courtes et la disparition des échos, peut éventuellement réfléchir ces ondes.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Variation des gerbes du rayonnement cosmique avec l'altitude. Les photons dans les gerbes.* Note [1] de MM. **Serge Gorodetzky**, **Paul Chanson** et **Henri Denamur**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Quelques résultats quant à la variation des gerbes aériennes [2] avec l'altitude ont été obtenus : le dispositif (*fig.* 1), où deux compteurs [3]

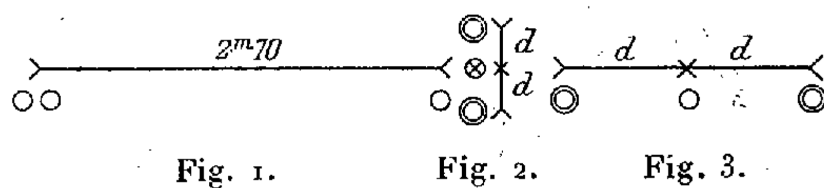


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

sont juxtaposés, le troisième étant à $2^{m},70$, le tout dans un plan horizontal, donne, à l'Argentière-la-Bessée (près de Briançon, altitude 1000^{m}),

$$n_1 = 0,413 \pm 0,012 \text{ en 10 minutes.}$$

Aux Glaciers (près de Chamonix, altitude 2500^{m}), on a

$$n_2 = 1,2 \pm 0,15;$$

soit sensiblement 3 pour le rapport n_2/n_1.

Un autre dispositif (*fig.* 2) est le suivant : trois compteurs verticaux, distance entre compteurs rapprochés $d = 6^{cm},8$; le compteur du milieu est

---

[1] Séance du 5 janvier 1942.

[2] Voir S. Gorodetzky, P. Chanson et H. Denamur, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 166.

[3] Les compteurs G. M. utilisés sont des compteurs Philips type Cosyns : longueur utile 34^{cm}, diamètre utile $3^{cm},2$.

en anticoïncidence, les deux compteurs extrêmes sont recouverts de 5^{mm} de plomb.

On a, à l'Argentière-la-Bessée,

$$n_3 = 16,5 \pm 0,5 \text{ en 10 minutes;}$$

aux Glaciers,

$$n_2 = 30,5 \pm 4 \text{ en 10 minutes;}$$

soit environ 2 pour le rapport n_4/n_3.

Si l'on admet avec Auger (cas de la figure 1) une croissance exponentielle de coefficient $\mu/\rho = 0,007$ g. cm^{-2} des gerbes aériennes étendues, on trouve $n_2/n_1 = 2,8$.

Dans le cas de la figure 2, on voit que la loi précédente ne s'applique plus. On n'a plus affaire à des gerbes aériennes seules. Les impulsions comptées sont dues principalement à des particules de la composante molle, déclenchant le compteur du haut et produisant dans le plomb de ce compteur un secondaire actionnant le compteur du bas. On doit alors s'attendre à une loi de croissance avec l'altitude qui n'est pas celle des gerbes aériennes, mais du rayonnement gerbigène. En appliquant la relation indiquée par Regener et Ehmert ([4]) pour le rayonnement gerbigène $N = KH^{-5}$, où le nombre d'impulsions est proportionnel à la puissance (—5) de la pression atmosphérique, on trouve $n_4/n_3 = 2,2$.

Il faut enfin remarquer que, si l'on cherche à comparer nos résultats (résultats obtenus avec 2 ou 3 compteurs parallèles dans un plan horizontal) avec ceux d'Auger obtenus à 2900^m et 3500^m d'altitude, en utilisant la loi exponentielle mentionnée ci-dessus, on trouve en général que nos nombres sont inférieurs à ceux d'Auger. Ceci peut être dû (si l'on fait abstraction d'éventuelles divergences expérimentales) à ce que la loi de décroissance en fonction de l'altitude est plus rapide que celle admise ici. Il faut dire aussi que l'on mesure des nombres d'impulsions. Or les nombres de gerbes ne sont proportionnels aux nombres d'impulsions que si les densités sont les mêmes.

Auger et Daudin ([5]) étudient les photons des gerbes en recouvrant ([6]) de plomb les compteurs. Un photon qui traverserait un compteur sans le

---

([4]) *Zeits. f. Physik*, **111**, 1939, p. 501.

([5]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 897.

([6]) Il faut que le plomb soit appliqué tout contre le compteur, sinon la section efficace apparente du compteur est accrue, et l'effet des photons se trouve masqué.

mettre en marche a une certaine chance de produire, dans le plomb, une paire d'électrons, qui, eux, pourront actionner le compteur. En utilisant le dispositif de la figure 3 ($d = 20^{cm}$) et en appliquant du plomb sur les compteurs extrêmes, on obtient les résultats suivants :

Pb (mm)................	0.	5.	10.
N (impulsions en 10 min)........	$2,17 \pm 0,12$	$2,4 \pm 0,14$	$2,47 \pm 0,16$

L'effet maximum, où l'on passe de 2,17 à 2,47, soit une augmentation de 14 %, est faible. Si l'on admet, pour les électrons, la densité précédemment calculée de 110 par mètre carré, la densité des photons des gerbes détectés ainsi est de 20 par mètre carré seulement ([7]). Ceci paraît tout d'abord surprenant puisqu'il y a, d'après la théorie des cascades, nettement plus de photons que d'électrons. Or, dans les conditions de l'expérience, on peut admettre que l'on détecte en gros un photon sur deux. L'explication exacte de ce phénomène ne pourra être obtenue que lorsqu'on aura plus de données expérimentales, en particulier lorsqu'on connaîtra exactement la loi $\delta(\rho)$, ce qui permettra d'appliquer les formules donnant les courbes de décohérence ([2]). Peut-être doit-on dire, dès à présent, que la densité *moyenne* fictive utilisée est trop faible. On conçoit que, pour de fortes densités d'électrons dans les gerbes, la possibilité de détecter en plus des photons, même très nombreux, n'augmentera pas sensiblement le nombre d'impulsions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par effet Raman des complexes molybdomaliques.* Note de M[lle] **Marie Théodoresco**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons décrit ([1]) le spectre Raman de l'acide malique et celui du complexe dimolybdomalate d'ammonium. Il sera question cette fois-ci des complexes molybdodimalates d'ammonium et nous terminerons par des remarques sur les molybdomalates en général.

Les solutions et les cristaux des dimolybdomalates d'ammonium ne bleuissent pas sous l'effet des radiations. Alors que les clichés des compo-

([7]) On obtient cette densité de photons par un calcul tout semblable à celui fait dans le cas des électrons.

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 169.

sants sont plus ou moins noyés dans le fond continu, ceux des complexes en solutions aqueuses sont particulièrement nets.

Molybdodimalate d'ammonium neutre, MoO^3, $2M(NH^4)^2$, nH^2O.

Solutions. — 1° Le groupe caractéristique de raies commun à l'acide molybdique soluble ou acide métamolybdique et au complexe dimolybdomalate d'am. n'est plus au complet sur les spectres du molybdodimalate d'am. neutre. La troisième fréquence, c'est-à-dire la plus basse, est absente. D'autre part la fréquence symétrique polarisée, 924 cm^{-1}, s'écarte davantage de la fréquence correspondante de l'acide métamolybdique : 950 cm^{-1}. La bande qui accompagne la raie polarisée a son maximum correspondant à la fréquence 897 cm^{-1}. Les fréquences 211 et 375 cm^{-1} font voir une bande et une raie nettes.

2° On retrouve le spectre de l'acide malique avec quelques modifications. Comme pour le dimolybdomalate, la même remarque peut être faite à propos du groupe carboxyle, C=O. Une large bande, qui paraît triple, est comprise entre les fréquences 1570-1688 cm^{-1} environ. De même que pour le dimolybdomalate, la structure du groupe —COO— en liaison avec le groupe minéral MoO^3 deviendrait symétrique. La double liaison C=O ferait place à une liaison polarisée C=O. La simple liaison C—O serait également remplacée par une liaison polarisée. Il en résulterait la structure —C(O)(O). L'atome C échangerait avec chaque O trois électrons de valence. D'autre part, les groupes carboxyles au voisinage d'un NH^4 seraient plus ou moins modifiés par rapport à ceux de l'acide, puisque la fréquence la plus élevée de la bande qui présente trois maxima est de 1688 cm^{-1}. Elle est assez loin de la fréquence 1720 cm^{-1} de l'acide malique. Le spectre du molybdodimalate d'am. neutre se fait aussi remarquer par l'exaltation de certaines raies ou bandes : 1405 cm^{-1} environ, 1307 cm^{-1} environ, 1099 cm^{-1} environ. Voici la liste des fréquences : 211, 334, 375, 411, 456, 546, 621, 735, 814, 897, 924, 971, 1047, 1056, 1099, 1199, 1236, 1307, 1405, 1570-1688.

Cristaux. — Ces corps ne bleuissent pas. Le paquet caractéristique de raies y est très net; le reste du spectre est diffus. La bande qui accompagne la raie symétrique est nettement dédoublée en deux raies fines avec les fréquences 887 et 875 cm^{-1}. Il y a variation négative pour la fréquence symétrique 912 cm^{-1} au lieu de 924 cm^{-1}, fréquence des solutions. Rappelons que la bande correspondante du dimolybdomalate semble aussi se dédoubler en deux raies fines. En passant de l'état cristallin à l'état de

solutions aqueuses, les deux complexes subiraient une transformation analogue.

Molybdodimalate d'ammonium acide, MoO^2, $2MH(NH^4)$, $n'H^2O$. — 1° On y retrouve le spectre de MoO^3 avec le paquet caractéristique de raies dont les fréquences sont voisines de celles du corps neutre : 899 et 926 cm^{-1}. Les bandes qui correspondent aux fréquences 211 et 377 cm^{-1} sont assez nettes et fortes.

2° Pour ce qui est du spectre de l'acide malique, la bande comprise entre les fréquences 1570 et 1716 cm^{-1} environ est plus large que la bande correspondante des autres molybdomalates. La fréquence 1716 cm^{-1} est tout à fait proche de la fréquence 1720 cm^{-1} qui caractérise les oscillations C=O quand l'acide est seul. Ce complexe renferme donc aussi des groupes —COO— dont la structure se rapproche de celle qu'ils avaient dans l'acide libre. Si l'on admet que l'acide malique possède des groupes asymétriques —C(=O)(—), cet état se maintiendrait pour une partie du moins des groupes —COO—. Il y aurait aussi des groupes —COO— à structure symétrique, —C(⋯O)(⋯O) comme dans les complexes précédents. Ces résultats sont tout à fait conformes aux schémas proposés par E. Darmois. Voici la liste des fréquences : 211, 334, 377, 405, 546, 611, 899, 926, 974, 1047, 1104, 1194, 1312, 1405, 1570-1716 cm^{-1}.

Discussion. — Les spectres obtenus confirment les hypothèses de E. Darmois. En effet, le paquet caractéristique du groupe MoO^3 renferme, quand il s'agit de l'acide métamolybdique et du dimolybdomalate d'am., *une fréquence supplémentaire* (850 cm^{-1} environ) que l'on ne retrouve pas dans les spectres des autres corps où MoO^3 entre en composition. C'est donc la fréquence caractéristique d'un certain nombre d'individus MoO^3, et ce nombre est quatre. La réunion de $4MoO^3$ donnerait lieu à une fréquence voisine de 850 cm^{-1}. D'autre part, quand on passe du dimolybdomalate aux molybdodimalates, la fréquence symétrique varie d'une vingtaine d'unités Raman, alors qu'on enregistre à peine une variation de fréquence lorsqu'on compare entre eux les deux complexes molybdomaliques. Le dimolybdomalate d'am. renfermerait donc un nombre de MoO^3 différent de celui que possèdent les deux complexes molybdodimaliques acide et neutre.

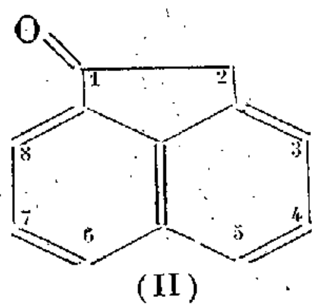
Pour ce qui est de la fréquence du groupe C = o, nous ne la retrouvons qu'avec les spectres du molybdodimalate acide (1716 cm^{-1} environ). Ceci

encore est conforme aux formules développées de E. Darmois [2]. Ce complexe renferme bien des groupes —C$\langle$O asymétriques assimilables à ceux de l'acide libre.

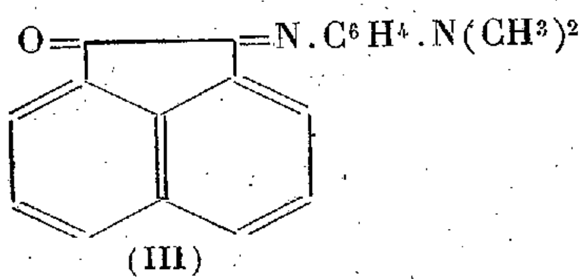
Dans le cas du molybdodimalate neutre, la fréquence 1688 cm^{-1} environ (la plus forte) indique que le carboxyle au voisinage d'un NH^{4+} aurait subi quelques modifications.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de synthèse des acénaphthènequinones*. Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, transmise par M. Marcel Delépine.

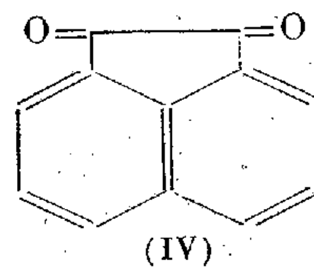
En 1932, Chandra Sircar et Raja Gopalan [1] ont essayé de faire réagir la nitrosodiméthylaniline $NO-\underset{(4)}{C^6}H^4-N(CH^3)^2$ (I) sur l'acénaphténone (II), dans le but de préparer l'azométhine (III). Mais quelles qu'aient été les conditions expérimentales choisies, ces auteurs n'ont obtenu soit que des résines, soit que la *bis*-acénaphtylidènedione (V). Étonnés de cet échec, nous avons étudié cette réaction et nous nous sommes aperçu que, dans certaines conditions (condensation effectuée en milieu alcoolique à $t \leq 40°$ avec la soude aqueuse comme catalyseur), on obtient, avec des rendements voisins de la théorie, l'azométhine (III) vainement cherchée par les auteurs précités. Ce composé est remarquable par la facilité avec laquelle il est hydrolysé par les acides minéraux en acénaphtènequinone (IV). Nous avons réalisé ainsi la synthèse de (IV) à partir du



(II)



(III)



(IV)

naphtalène. En effet ce carbure est facilement convertible en α-chlorométhylnaphtalène [Darzens et Lévy [2]] qui donne l'acide α-naphtyl-

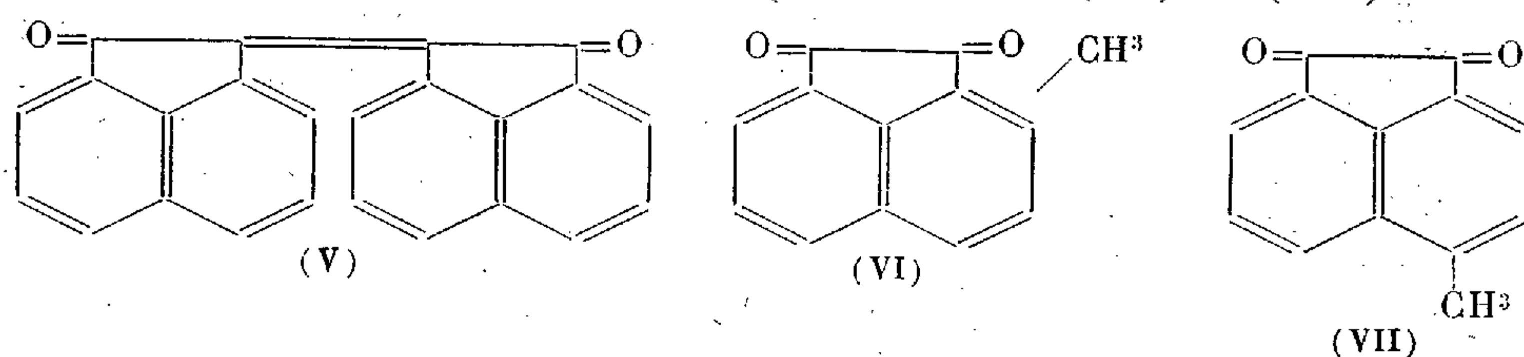
---

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **39**, 1926, p. 1515.

([1]) *J. Indian Chem. Soc.*, **9**, 1932, p. 639.

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 73.

acétique par action de KCN et saponification du nitrile obtenu; le chlorure de cet acide est ensuite cyclisé par $AlCl^3$ en (II) (³). Notre réaction est tout à fait générale et nous a permis par exemple, en partant des dérivés chlorométhylés des α- et β-méthylnaphtalènes, de préparer aisément les 3- et 5-méthylacénaphtènequinones (VI) et (VII). De ces



deux corps, seul (VI) a déjà pu être synthétisé, avec de très mauvais rendements d'ailleurs, par condensation du chlorure d'oxalyle avec le β-méthylnaphtalène (⁴). L'intérêt de notre réaction est dans le fait que l'acénaphtènequinone est à la base de l'industrie de colorants indigoïdes réputés (famille des écarlates de thio-indigo).

Partie opératoire. — 1° Acénaphténone (II); se prépare par cyclisation du chlorure de l'acide α-naphtylacétique dans C^6H^6 ou $NO^2—C^6H^5$ par $AlCl^3$ à température ordinaire; 2° azométhine (III) $C^{20}H^{16}N^2O$; 1ᵍ de (II) est dissous dans 10$^{cm^3}$ d'alcool et l'on ajoute 1ᵍ de nitrosodiméthylaniline. Après dissolution, on ajoute 1$^{cm^3}$ de soude aqueuse à 10 % : il se fait un dégagement important de chaleur, avec virage de la couleur au rouge. Après refroidissement, on essore les cristaux formés, les lave à l'alcool, et les recristallise dans beaucoup d'alcool, où l'azométhine est peu soluble. On obtient des fins cristaux brun violacé, solubles dans l'acétone en rouge violacé, F 200-202°; 3° acénaphtènequinone (IV); le corps (III) est dissous dans SO^4H^2 dilué au 1/20ᵉ par léger chauffage. Il se dépose très rapidement une poudre cristalline rougeâtre qu'on essore, lave à l'alcool plusieurs fois et recristallise dans le toluène. On obtient, avec des rendements quantitatifs, de longues aiguilles jaunes F 260-261°; 4° 2-méthyl-1-naphtylacétonitrile $C^{13}H^{11}N$: on mélange une solution de 50ᵍ de 2-méthyl-1-chlorométhylnaphtalène (préparé selon Darzens et Lévy) dans 200$^{cm^3}$ d'alcool à 96° et une solution de 20ᵍ KCN dans 20$^{cm^3}$ H^2O, et l'on chauffe à ébullition; il se fait alors une violente réaction, et l'on continue le chauffage 1 heure. On verse dans l'eau et traite comme d'habitude, $E_{0,5}$ 155°. Cristallisé dans l'alcool (où il est très soluble à chaud, peu à froid), se présente sous forme de longues aiguilles soyeuses F 79°; 5° acide 2-méthyl-1-naphtylacétique $C^{13}H^{12}O^2$, déjà préparé par Doisy et collaborateurs (⁵); 6° chlorure de l'acide précédent $C^{13}H^{11}OCl$, préparé par action de $SOCl^2$

(³) Brevets allemands nᵒˢ 230, 232 (*Friedländer*, 10, 1910-1912, p. 199).
(⁴) R. Lesser et G. Gad, *Ber. d. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 242.
(⁵) Doisy, Thayer et Collab., *J. Biol. Chem.*, 131, 1939, p. 357.

sur l'acide dissous dans $CHCl^3$, $E_{0,5}$ 148-150°, liquide très visqueux; 7° 2-méthyl-1-naphtylacétamide $C^{13}H^{13}ON$, préparé par action du chlorure précédent sur NH^3 concentré. Cristaux F 178°, solubles dans l'alcool; 8° 3-méthylacénaphténone $C^{13}O^{10}O$, la cyclisation du chlorure de l'acide correspondant donne de très bons rendements, $E_{2,1}$ 158°. Après cristallisation dans l'alcool, on a des aiguilles F 120°, donnant une semicarbazone F 213-215° (aiguilles longues et soyeuses de l'alcool); 9° condensation de la 3-méthylacénaphténone avec (I); l'azométhine $C^{21}H^{18}N^2O$ se présente sous forme de cristaux bruns, très solubles dans C^6H^6, qu'on recristallise dans l'alcool, F 137°, solution acétonique brun violacé; 10° 3-méthylacénaphtènequinone $C^{13}H^8O^2$, cristaux jaune d'or F 200° (Lesser et Gad indiquent 198-199°), solubles dans SO^4H^2 en brun rouge; 11° quinoxaline $C^{19}H^{12}N^2$ de (VI): 0g,10 de (VI) dissous dans CH^3CO^2H bouillant sont traités par une solution de 0g,08 de *o*-phénylènediamine dans l'alcool chaud: on obtient, par refroidissement, de fines aiguilles jaunâtres qu'on recristallise dans l'alcool où elles sont peu solubles, F 198°; SO^4H^2 les colore en rouge, ClH en jaune citron; 12° éso-diméthylacénaphtylidènedione $C^{26}H^{16}O^2$; il se forme un peu de ce corps dans l'action de (I) sur la 3-méthylacénaphténone. On l'obtient sous forme de cristaux orangés en losanges des solutions de l'azométhine dans C^6H^6 où ce corps est peu soluble, F 254°; SO^4H^2 le dissout en bleu violacé; 13° 1-chlorométhyl-4-methyl-naphtalène $E_{2,1}$ 124-126°; 14° 4-méthyl-1-naphtylacétonitrile $C^{13}H^{11}N$; liquide, $E_{0,5}$ 154-156°; 15° acide-4-méthyl-1-naphtylacétique $C^{13}H^{12}O^2$: on saponifie le nitrile par KOH en présence de H^2O^2 pendant 24 heures à reflux. Cristallisé dans CH^3CO^2H dilué d'eau, se présente sous forme d'aiguilles incolores, F 148° ; 16° chlorure de cet acide $C^{13}H^{11}OCl$, $E_{0,5}$ 148°; 17° amide de cet acide, $C^{14}H^{13}ON$, F 209° (fins cristaux, de l'alcool aqueux); 18° 5-méthylacénaphténone $C^{13}H^{10}O$: belles aiguilles en touffes, F 92°; la semicarbazone fond à 240° (décomp.); 19° azométhine de la 5-méthyl-acénaphténone $C^{21}H^{18}N^2O$, F 189°, solution acétonique violacée; 20° $C^{13}H^8O^2$ (VII), longues aiguilles soyeuses, orangées, F 178°; 21° quinoxaline de (VII) avec l'*o*-phénylènediamine $C^{19}H^{12}N^2$, F 262-263° (petites aiguilles jaunâtres, cristallisant dans l'alcool).

Remarque. — Le chlorure d'acide-2-méthyl-1-naphtylacétique est beaucoup plus facile à cycliser que son isomère 4-méthylé.

SÉISMOLOGIE. — *Réglage des séismographes du type Galitzin.*
Note [1] de M. GASTON GRENET, présentée par M. Charles Maurain.

Le réglage des séismographes du type Galitzin, qui sont du genre électromagnétique, est difficile parce que l'amortissement du pendule est obtenu au moyen d'une plaque de cuivre se déplaçant dans l'entrefer d'un aimant. On admet, en général, qu'il faut amener le pendule et le galvanomètre à avoir la même période et chacun l'amortissement critique.

---

[1] Séance du 2 février 1942.

Le réglage de la période du galvanomètre (quand elle est réglable) et celui de son amortissement ne présentent aucune difficulté particulière. Pour le pendule, la question est plus difficile du fait de l'amortissement. En effet les aimants, en plus d'un amortissement, exercent une action mécanique sur la plaque de cuivre de l'amortisseur, qui n'est jamais magnétiquement neutre. Le réglage de l'amortissement s'obtient en faisant varier l'entrefer des aimants. Ceci modifie le couple de rappel et par conséquent la période du pendule. L'amortissement devant avoir la valeur au critique, on conçoit qu'il est impossible de vérifier d'une façon simple que le réglage est convenable. Le procédé le plus employé consiste à enregistrer le mouvement du galvanomètre lorsqu'on donne une impulsion au pendule. Ce procédé n'est ni très pratique ni très précis, puisque divers auteurs ([2]) ont trouvé, pour des appareils de ce type, une grande différence entre les sensibilités calculées et observées. Wilip a bien indiqué une méthode qui consiste à observer les mouvements du pendule seul ([3]). Le principe en est excellent mais l'application soulève des difficultés (emploi d'un enregistreur photographique rapide, développement d'une épreuve photographique entre chaque réglage).

Il est cependant très facile de régler convenablement un pendule de Galitzin en utilisant les formules classiques relatives aux systèmes oscillants.

L'équation du mouvement du pendule en l'absence de mouvement du sol est

$$K\frac{d^2\varphi}{dt^2}+\Delta\frac{d\varphi}{dt}+c\varphi=Gi,$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+2\beta\Omega_0\frac{d\varphi}{dt}+\Omega_0^2\varphi=\frac{G}{K}i.$$

K étant le moment d'inertie, Δ un coefficient variable avec l'amortissement, C la constante de rappel, i le courant dans le bobinage, G une constante,

$$T_0=2\pi\sqrt{\frac{K}{c}},\qquad \Omega_0=\frac{2\pi}{T_0}\sqrt{\frac{c}{K}},\qquad \beta=\frac{\Delta}{2\sqrt{cK}}.$$

Si l'on envoie un courant constant i dans le bobinage du pendule, la déviation constante φ est égale à Gi/c.

([2]) J. Lacoste, *Union Géodésique et Géophysique internationale, Section de Séismologie,* série A, VI, 1929, p. 28; H. E. Mc. Comb et Frank Wenner, *Bulletin of the Seismological Society of America,* 26, 1936, p. 291.

([3]) On trouve une description de cette méthode dans les traités de séismométrie, par exemple dans F. W. Sohon, *Seismometry,* New-York, 1932, p. 121.

Si l'on envoie une charge électrique Q dans le même circuit, on sait que la déviation maximum du pendule est

$$\varphi' = Q \frac{G}{c} \Omega_0 e^{-\frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \operatorname{arc\,sin} \sqrt{1-\beta^2}} \qquad \text{si} \quad \beta < 1,$$

$$\varphi' = Q \frac{G}{c} \Omega_0 e^{-\frac{\beta}{\sqrt{\beta^2-1}} \operatorname{arg\,sh} \sqrt{\beta_2-1}} \qquad \text{si} \quad \beta > 1,$$

$$\varphi' = Q \frac{G}{c} \Omega_0 e^{-1} \qquad \text{si} \quad \beta = 1.$$

On voit que, K et G restant toujours les mêmes, φ/i ne dépend que de T_0 et φ'/Q ne dépend que de T_0 et de β. A des valeurs données de T_0 et de β correspond un seul couple de valeurs de φ/i et de φ'/Q. Pour régler l'appareil il suffit donc de régler l'amortissement et le couple de rappel de façon à amener simultanément φ/i et φ'/Q aux valeurs convenables.

Cette méthode semble facile à utiliser. On peut en effet se dispenser de la mesure en valeur absolue des charges électriques et des courants en procédant à une expérience préliminaire dans laquelle l'amortissement sera assez faible pour que l'on puisse déterminer directement T_0 et β. Bien entendu, pour certains pendules verticaux dont les oscillations de grande amplitude ne sont ni symétriques ni isochrones, on devra se limiter à des amplitudes suffisamment petites. Mais cet inconvénient est inhérent à l'appareil et se manifeste quelle que soit la méthode de réglage employée.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur les divers aspects de la fossilisation des Diatomées dans les silex tertiaires d'Oranie.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Jusqu'à présent on ne signalait dans les roches que les Diatomées dont les vestiges conservaient encore la forme générale et au moins une partie de l'ornementation de ces microorganismes. J'ai montré récemment ([1]) que de simples sphéroïdes de calcédonite constituaient les stades ultimes d'un mode de fossilisation des Diatomées conservées dans la poudre interne de silex creux.

L'étude de silex sahéliens d'Oranie ([2]) m'a permis de découvrir toute

---

([1]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 878.

([2]) Intercalés dans des lits de marnes et de diatomites, ces silex, analogues extérieurement aux silex ménilites (opale ménilite), ont été recueillis à Saint-Denis-du-Sig par L. Perruche (*Bull. Soc. franç. de Microsc.*, **7**, 1938, p. 21).

une série d'*aspects entièrement nouveaux* de la fossilisation de Diatomées ([3]),

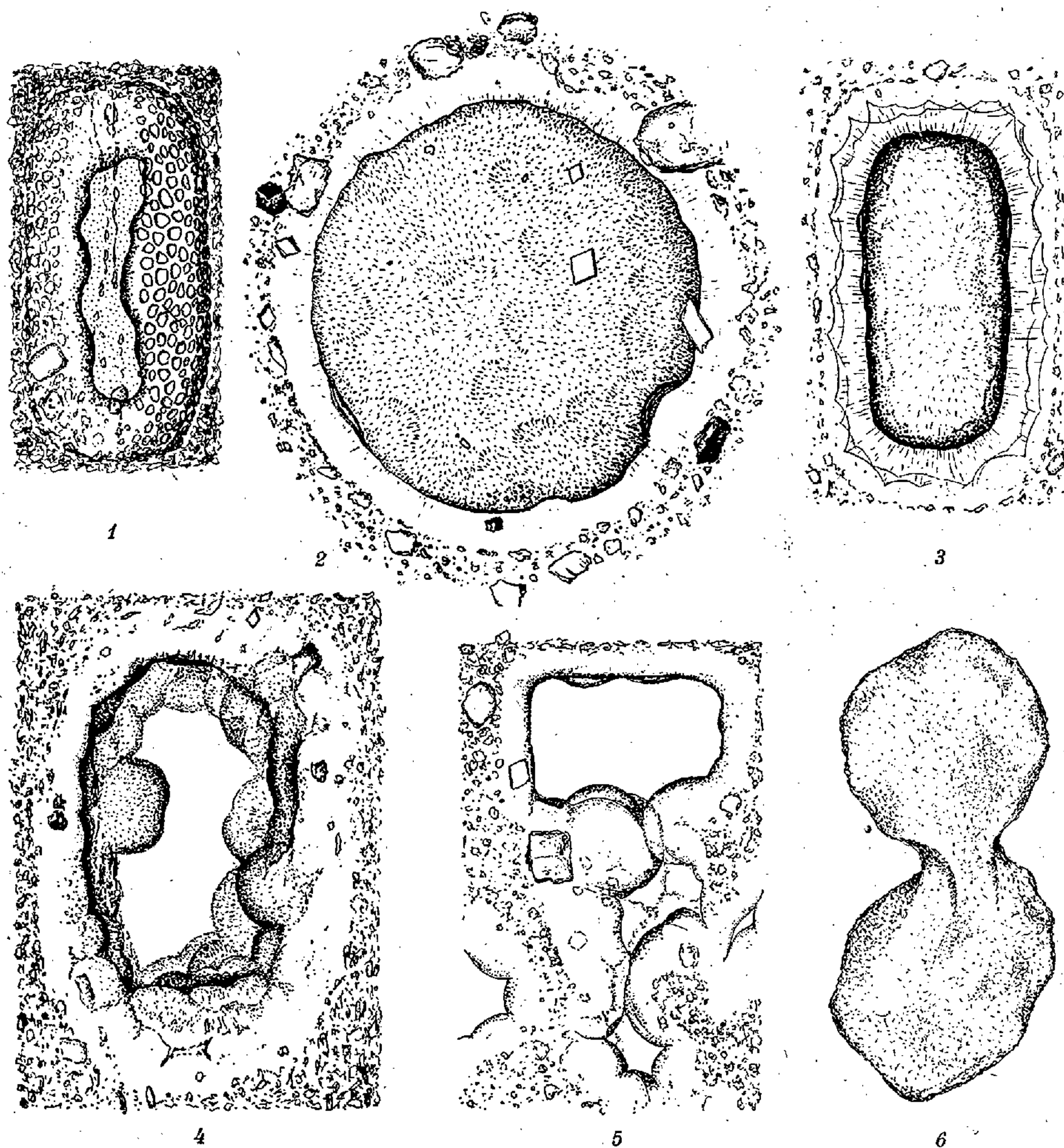


Fig. 1 à 6. — Diatomées (*Coscinodiscus*) fossilisées dans des « silex ménilites » sahéliens d'Oranie. — 1, vue latérale, avec structure partiellement conservée, noyau central aplati calcédonieux et épaisse couche d'opale; 2, vue frontale : noyau constitué par un sphérolite de calcédonite, entouré d'opale mamelonnée, guillochée, passant au silex (opale calcarifère); 3, vue latérale d'un noyau calcédonieux assez régulier, entouré d'opale fibro-radiée, limitée par le silex; 4, vue latérale : Diatomée fossilisée en creux, avec large zone d'opale mamelonnée; 5, même cas de fossilisation en creux, avec effacement progressif de la forme caractéristique, par développement de l'opale mamelonnée; 6, soudure de deux noyaux calcédonieux de Diatomées, noyés dans de l'opale (non figurée) passant insensiblement à celle du silex. (Grossissement 600.)

aspects fort curieux, allant jusqu'à un évanouissement quasi total des textures révélatrices de l'origine.

([3]) Il s'agit presque uniquement d'espèces appartenant au genre *Coscinodiscus* (*C. marginatus* Ehr. et *C. radiatus* Ehr.).

Les stades, que l'on pourrait encore ici qualifier d'ultimes, n'ont pu être reconnus et interprétés que grâce à l'existence de termes intermédiaires, dont on ne saurait d'ailleurs établir un classement chronologique, ou même simplement linéaire.

Au premier rang se placent les Diatomées dont l'ornementation est conservée, ou au moins reconnaissable. Noyées, complètement ou non, dans la masse du silex, elles peuvent être : *a.* remplies d'opale homogène; *b.* partiellement comblées par de l'opale, laissant soit un vide central, soit un noyau régulier (*fig.* 1), ou des portions irrégulières de calcédonite.

Lorsque l'ornementation est disparue, les Diatomées, dans le cas le plus simple, sont représentées par des moules d'opale occupant exactement leur place.

Nous trouvons ensuite deux séries de modes de fossilisation, dont les variantes semblent exhiber un certain parallélisme. La première comporte toutes les Diatomées dont la partie centrale *est calcédonieuse* (*fig.* 2, 3, 6), les exemplaires les plus typiques montrant, en vue frontale, un beau sphérolite de calcédonite (*fig.* 2). Dans la seconde série, les Diatomées *sont creuses* (*fig.* 4 et 5) et souvent remplies d'air (⁴).

Les variantes observées dans les deux séries sont relatives à la zone d'opale qui occupe approximativement la place des valves et du connectif. Cette zone peut sembler très réduite et n'être plus délimitable, la masse même du silex paraissant au contact direct du creux ou du noyau de calcédonite (*fig.* 6). Dans beaucoup de cas, elle est, par contre, très visible, même si elle passe peu à peu au silex (*fig.* 4). Le plus souvent, la face de cette zone située vers l'intérieur de la Diatomée est fortement mamelonnée (*fig.* 4, 5) et superficiellement guillochée. Sa masse est soit à peu près homogène, soit fibro-radiée (*fig.* 3). Quand les mamelons d'opale sont nombreux et volumineux, ils oblitèrent en partie le creux central, ou le noyau de calcédonite. La Diatomée perd ainsi sa forme (*fig.* 5) et l'emplacement des individus peut n'être plus marqué que par des vides limités par des segments arrondis. Des phénomènes de coalescence, de soudure de ces vestiges de Diatomées, se produisent tout aussi bien pour les vides que pour les remplissages de calcédonite (*fig.* 6). Certaines plages comportent toutes les morphoses allant du cylindre

---

(⁴) J'ai observé un mode de fossilisation analogue chez les Diatomées d'eau douce, contenues dans des échantillons de forchérite (opale résinite) de Saint-Nectaire, qui m'avaient été communiqués par M. A. Lacroix.

aplati, silhouettant encore la Diatomée, jusqu'à un fouillis de globules et mamelons d'opale entremêlés, dans lequel les individus ne sont plus discernables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'étude biochimique des fruits de quelques* Amelanchier *et de* Nuttallia cerasiformis *Torr. et Gray* (*Rosacées*). Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons déjà étudié les organes végétatifs de quelques *Amelanchier* et de *Nuttallia cerasiformis* au point de vue de leur acide cyanhydrique, de leurs glucides et diastases ([1]). Nous résumons ci-dessous des recherches analogues effectuées sur leurs fruits.

La méthode biochimique de Bourquelot à l'invertine et à l'émulsine a été appliquée à plusieurs époques de la maturation, et les résultats sont exprimés pour 100^g de substance fraîche (teneurs en eau : environ 65 % pour les fruits verts des *Amelanchier*, 80 % pour ceux de *Nuttallia* et pour tous les fruits mûrs).

	Sucre réducteur initial.	Sucre réducteur après sucrase.	Acide cyanhydrique
Amelanchier vulgaris (Mœnch).			
Fruits verts pesant 0^g,05 (29 mai)	0,47	0,51	0
» mûrs » 0^g,31 (10 juillet)	3,90	0,32	0
Amelanchier alnifolia (Nutt.).			
Fruits verts pesant 0^g,10 (5 juin)	0,27	0,42	0,006
» mûrs » 0^g,18 (17 juillet)	3,52	0,30	0
Amelanchier florida (Lindl.).			
Fruits verts pesant 0^g,17 (4 juin)	0,40	0,53	0,001
» mûrs » 0^g,30 (19 juillet)	6,73	0,59	0
Nuttallia cerasiformis (Torr. et Gray).			
Fruits verts, pulpe pesant 0^g,47 (29 mai)	1,86	0,53	0,002
» mûrs » 1^g,06 (10 juillet)	4,05	0,31	0,001
Graines jeunes pesant 0^g,06 (29 mai)	0,67	0,27	0
» mûrs » 0^g,12 (10 juillet)	0,63	3,91	0

([1]) V. Plouvier, *Thèse Doc. Sciences*, Paris, 1941.

Les fruits des quatre plantes examinées présentent une augmentation du sucre réducteur initial entre juin et juillet. Le sucre réducteur formé par action de la sucrase diminue légèrement. Les teneurs en acide cyanhydrique sont très faibles, nettement inférieures à celles des organes végétatifs à la même époque; l'acide cyanhydrique diminue ou disparaît au cours de la maturation.

L'expression des résultats pour 100 fruits accentue l'accumulation du sucre réducteur initial et fait apparaître une légère augmentation en valeur absolue des osides hydrolysables par la sucrase.

La liqueur aqueuse d'essai des fruits verts de *Nuttallia* laisse déposer des cristaux d'un hétéroside flavonique; celui-ci, trop peu abondant, n'a pu être identifié, mais il s'agit sans doute du nuttallo-flavolonoside que nous avons déjà retiré des feuilles et fleurs de la même plante ([1]). Les fruits mûrs n'ont pas donné lieu à cette cristallisation.

Les graines des trois *Amelanchier* étudiés ont fourni, à maturité, de l'huile grasse et de l'acide cyanhydrique. Ces deux principes n'ont pas pu être caractérisés dans les graines retirées des fruits verts. En mai, les graines de *Nuttallia* contiennent 89 % d'eau et 0,27 de sucre réducteur formé par action de la sucrase; en juillet, leur teneur en eau tombe à 27 % et la sucrase libère 3,91 de sucre réducteur; l'indice obtenu, 562, s'accorde avec la présence de saccharose; notons en outre l'apparition d'une huile grasse abondante. mais l'acide cyanhydrique fait défaut.

La sucrase, la β-glucosidase, l'amylase et la pectase ont été recherchées par l'action des poudres fermentaires respectivement sur des solutions de saccharose, d'amygdonitrileglucoside, sur un empois d'amidon de pomme de terre et sur une solution de pectine de fruits de *Cratægus tanacetifolia* Pers.

La sucrase a été trouvée dans tous les fruits et graines; pendant la maturation, l'activité sucrasique des fruits augmente, celle des graines de *Nuttallia* diminue fortement. Les graines jeunes des quatre espèces étudiées sont presque dépourvues de β-glucosidase et d'amylase; à maturité elles hydrolysent rapidement l'amygdonitrileglucoside et l'amygdaloside et présentent une amylase liquéfiante et saccharifiante. Une pectase très active existe dans les fruits mûrs des *Amelanchier*, mais elle n'a pas été caractérisée dans les fruits verts; la coexistence d'une pectine abondante explique la coagulation rapide du jus (même dilué) qui provient de l'expression des fruits. Une pectase moins active, une pectine moins abon-

dante ont été trouvées dans les fruits du *Nuttallia*. Signalons enfin l'activité pectasique des graines mûres des quatre espèces examinées.

En résumé, la maturation des fruits d'*Amelanchier* et de *Nuttallia* s'accompagne d'une augmentation de leur sucre réducteur initial, tandis que les osides hydrolysables par la sucrase ne sont pas sensiblement modifiés. La maturation des graines de *Nuttallia* montre une formation importante de saccharose, une apparition tardive d'huile grasse, une augmentation des activités diastasiques, sauf de la sucrase qui, au contraire, diminue. Ces caractères ont été retrouvés chez les graines de divers *Cydonia* ([2]), *Prunus*, *Stranvæsia*, *Amelanchier*, *Cotoneaster*; ils se vérifient d'ailleurs en dehors des Rosacées et semblent avoir une portée générale. Toutefois, la graine mûre de *Nuttallia* est exempte d'acide cyanhydrique; c'est un fait exceptionnel, car presque toutes les Prunoïdées et Pomoïdées contenant de l'acide cyanhydrique dans leurs organes végétatifs, en présentent aussi dans leurs graines.

PHYSIOLOGIE. — *La grande richesse en provitamine A du régime alimentaire suffit-elle à la production du rachitisme expérimental chez le Cobaye?* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

Mlle Émerique a pu produire du rachitisme chez le Cobaye de 100 à 120^g en le maintenant à l'obscurité et en le soumettant à titre exclusif au régime 2965 de Steenbock et Black, complété quotidiennement par 50^g d'épinards frais ([1]). Nous avons par la suite confirmé cette expérience, mais en mentionnant que l'addition au régime d'une poudre d'épinards séchés ne donne pas les mêmes résultats ([2]).

Est-il permis de dire, dans ces conditions, que la production du rachitisme chez le Cobaye est due à la forte proportion de provitamine A introduite dans le régime par addition d'Épinards frais? Il faudrait pour cela que le phénomène se produisît quelle que fût la source de provitamine A employée, l'apport quantitatif étant du même ordre. Notre échec avec la poudre d'Épinards séchés nous conduisit à penser que le problème était com-

---

([2]) V. Plouvier, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 93.

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1937, p. 879.

([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 189.

plexe et nous avons songé à en reprendre l'étude, sans nier pour cela le rôle de la vitamine A dans la production du rachitisme expérimental, rôle que Mc Collum, Simmonds, Shippley et Park (³) ont établi et que M. Javillier et Mme Émerique-Blum ont ensuite confirmé en soulignant l'antagonisme des vitamines A et D (⁴).

La consommation du régime Steenbock et Black par les cobayes est, selon leurs poids et dans les conditions précisées plus haut, de 10 à 20g; celle des épinards frais de 25 à 35g. L'humidité de ces épinards varie, d'après nos dosages, de 11,5 à 15 %. Nous devons donc retenir au maximum un apport de 5g de matières sèches d'Épinards, soit environ le tiers ou le cinquième de la ration totale, ce qui représente au plus, pour 100g de produit sec, 140 à 230g d'Épinards frais consommés. Notre première addition (sous forme de préparation desséchée) n'ayant pas dépassé 60 à 80 %, celle-ci pouvait être considérée comme insuffisante; il fallait donc mettre en œuvre des doses plus fortes. Au cours de nos nouveaux essais, nous avons utilisé trois sources d'Épinards : des épinards frais n'ayant subi aucune modification; des épinards séchés sous vide, ultérieurement pulvérisés et tamisés; enfin une préparation obtenue par cuisson d'un mélange d'épinards, d'amidon, de sucre de Soxhlet et d'eau, en atmosphère de gaz inerte, suivie d'un pulpage et d'une évaporation sous vide. Terminé, ce dernier produit correspondait approximativement à 4 fois son poids d'épinards frais.

Les régimes suivants furent donc constitués, dans lesquels les épinards entraient sous les trois formes précédentes, des témoins recevant le régime initial de Steenbock et Black sans addition :

	I.	II.	III.
Semoule de maïs	76g	31g	0g
Poudre de gluten	20	20	20
Épinards desséchés	0	45	0
Préparation amylacée d'épinards	0	0	76
Chlorure de sodium	1	1	1
Carbonate de calcium	3	3	3
Épinards frais (par animal et par jour)	50	0	0

Ainsi que nous l'avons calculé, le premier régime comporte une proportion utile maximum de 250g d'épinards frais pour 100g du mélange

(³) *Journ, of Biol. Chem.*, 47, 1921, p. 507.
(⁴) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 289.

supposé sec, alors que les deux autres renferment, pour 100^g secs, environ 300^g d'épinards calculés *frais*. Les traitements auxquels les épinards ont été soumis étant aussi peu destructeurs que possible, on peut en conclure que la proportion de provitamine A est au moins aussi forte dans les deux derniers régimes que dans le premier.

Des cobayes de 100 à 120^g, maintenus à l'obscurité, reçurent ces divers régimes, complétés, pour les sujets ne recevant pas d'épinards frais, par 2 à 4$^{cm^3}$ de jus de citron ou bien 1 à 2$^{cm^3}$ d'une solution récente d'acide ascorbique à 1 °/$_{00}$. Le régime 2965 Steenbock et Black (I sans addition d'épinards), dont l'action rachitigène est remarquable chez le Rat en dépit des faibles croissances observées, ne nous a jamais permis d'obtenir de rachitisme chez les cobayes qui le recevaient à titre exclusif. Par contre, après l'addition d'épinards frais, on observait à la radiographie des lésions osseuses typiques et tenaces, apparaissant du 15 au 20e jour et se développant ensuite, particulièrement nettes, au delà d'un mois et demi. Le régime II, malgré sa forte teneur en épinards, ne nous a permis d'observer radiographiquement que de très légers écarts diaphyso-épiphysaires, ne pouvant être assimilés aux lésions rachitiques. La substitution aux épinards, de carottes séchées (riches en carotène), dans les mêmes conditions, ne nous a pas donné de meilleurs résultats. Avec le régime III, des lésions rachitiques apparurent normalement du 15 au 20e jour, moins prononcées toutefois qu'avec le régime I aux épinards frais et guérissant spontanément en période de croissance, aux environs du 30e jour.

Une large proportion d'épinards apportant approximativement une même quantité de provitamine A, peut donc se comporter de manière très différente selon l'état physique dans lequel se trouve le support végétal. L'état frais s'oppose à l'état sec et tout porte à croire que la dessiccation en milieu colloïdal (amylacé) atténue la destruction d'un principe inconnu favorisant, plus que la provitamine A, l'éclosion du rachitisme.

Conclusions. — Sans vouloir mettre en doute le rôle de la vitamine A ou de la provitamine A dans la production du rachitisme expérimental, il ne semble pas que l'exagération de la proportion de l'un ou l'autre de ces facteurs suffise à expliquer seule la production du rachitisme chez le Cobaye.

Pour un apport sensiblement égal de provitamine A sous forme d'épinards, les résultats obtenus sont très différents selon que les épinards sont donnés à l'état frais, sous forme de préparation desséchée dans le vide en milieu amylacé rendu colloïdal par cuisson, ou sous forme de poudre d'épinards séchés simplement sous vide, puis pulvérisés.

Dans les conditions précédemment précisées, les Épinards frais permettent le développement d'un rachitisme stable, les Épinards desséchés en milieu colloïdal un rachitisme fugace, guérissant spontanément, alors que les épinards simplement séchés sous vide ne donnent pas de rachitisme radiographiquement appréciable.

Il est donc probable que, conjointement au déséquilibre phosphocalcique et vitaminique A et D, intervient chez le Cobaye un facteur ou un processus physiologique inconnu favorisant l'apparition du rachitisme expérimental, dont les lésions osseuses sont, ainsi que nous l'avons antérieurement montré, sous la dépendance de l'alcalose ([5]).

GÉNÉTIQUE. — *Persistance d'un gène léthal dans une population de Drosophiles.* Note de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

La règle très simple qui permet de prévoir la marche de l'élimination d'un gène léthal dans une population stationnaire suppose que les croisements se font au hasard, que les deux génotypes en présence sont également féconds, et qu'ils présentent une égale aptitude à la concurrence vitale. Il se forme alors, à la fécondation, p étant la fréquence du gène léthal a et $1-p$ celle de son allélomorphe normal A, p^2 léthaux homozygotes aa qui disparaissent, $2p(1-p)$ hétérozygotes Aa et $(1-p)^2$ homozygotes AA qui survivent. On voit immédiatement que, dans ce cas, la fréquence du gène léthal passe en une génération de p_0 à $p_1 = p_0/(1+p_0)$ et devient après n générations $p_n = p_0/(1+np_0)$.

J'ai montré ([1]) que les hypothèses qui sont à la base de ce calcul n'étaient pas nécessairement vérifiées, l'hétérozygote Aa pouvant, suivant sa nature et suivant les circonstances, être plus ou moins résistant et plus ou moins fécond que l'homozygote AA. Si, dans les circonstances où évolue la population, la résistance aux circonstances défavorables et la fécondité des AA étant prises pour unités, on représente respectivement par $1-h$ et $1-f$ les caractéristiques physiologiques correspondantes des Aa, et si, à un moment donné, la fréquence du gène léthal est p, les

([5]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 938.

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 241

individus de la génération suivante arrivant à l'âge de reproduction seront au nombre de $2(1-h)(1-f)p(1-p-pf)$ pour Aa et de $(1-p-pf)^2$ pour AA. La fréquence du gène a passera ainsi en une génération de

$$p_0 \text{ à } p_1 = \frac{(1-h)(1-f)p_0}{1+[(1-2h)-f(3-2h)]p_0}$$

et en n générations à

$$p_n = \frac{[h+f(1-h)](1-h)^n(1-f)^n p_0}{[h+f(1-h)]+[(1-2h)-f(3-2h)][1-(1-h)^n(1-f)^n]p_0}.$$

Si $(1-h)(1-f) \leqq 1$, le gène léthal disparaîtra progressivement. Au contraire, si $(1-h)(1-f) > 1$, sa fréquence tendra vers une limite comprise entre 0 et 0,5, $p_\infty = -h+f(1-h)/(1-2h)-f(3-2h)$.

Il peut donc s'établir un équilibre entre le gène normal et son allélomorphe léthal. Les cas les plus simples sont ceux où à fécondité égale des adultes, les Aa sont plus vigoureux que les AA ou, à vigueur égale des larves, les Aa sont plus féconds que les AA. Mais une plus grande fécondité des hétérozygotes peut compenser et au delà leur moindre vitalité comme une plus grande vitalité peut suppléer à une fécondité insuffisante. Si l'une ou l'autre de ces conditions est remplie, non seulement le gène léthal ne disparaîtra pas de la population dans laquelle il est apparu ou a été introduit, mais encore l'on verra sa fréquence augmenter, si elle est trop peu élevée à l'origine.

Pour vérifier ces conclusions théoriques, je me suis adressé à une combinaison génétique de la Drosophile dont les caractéristiques ont été étudiées précédemment, celle du gène *Curly*, léthal à l'état homozygote et du gène *vestigial*, récessif. Une population a été fondée avec un grand nombre de *Cy vg*, qui donnent naissance, en même temps qu'à des individus semblables à eux, à des *vg vg* moins vigoureux et moins féconds. La technique d'élevage employée [2] permet de conserver indéfiniment une population dont l'effectif moyen est de 3000 ou 4000 imagos. La fécondité des Drosophiles est assez grande pour que, dans les 40^{cm^3} de milieu nutritif constituant la ration journalière offerte à la population, plusieurs milliers de larves commencent leur développement. Mais la concurrence pour l'aliment qui s'établit entre elles est bientôt si forte que la plupart d'entre

---

(2) Ph. L'Héritier et G. Teissier, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1765; 202, 1936, p. 692.

elles y succombent, et que 200 ou 300 larves seulement réussissent à atteindre l'état imaginal.

Jours	2.	16.	31.	45.	59.	72.	87.	100.
Cy vg et *vy vg* (% *Cy vg*)	74,5	65,1	65,2	66,2	69,2	66,8	69,0	64,7
Cy + et ++ (% *Cy* +)	67,0	36,8	16,5	6,5	3,0	1,6	0,8	0,3

Le tableau ci-dessus donne l'évolution de la population *Cy vg* pendant les 100 premiers jours de son existence et, à titre de comparaison, celle d'une population constituée de la même façon par les *Cy* +, moins vigoureuses que les ++, mais aussi fécondes qu'elles. Les nombres portés en regard de l'âge des cultures représentent la fréquence du gène *Cy*, chez les imagos nées d'un prélèvement de quelques milliers d'œufs et élevées dans des conditions telles que toutes les larves qui ont réussi à survivre plus de 24 heures aient la possibilité d'atteindre l'état imaginal.

On voit que, dans la population *Cy* +, le gène *Cy* est rapidement éliminé, mais que, dans la population *Cv vg*, sa fréquence se stabilise, à partir de la deuxième semaine et pendant près de trois mois, à un niveau moyen de 0,332, résultat très voisin de celui que l'on pouvait attendre, tenu compte des caractères physiologiques relatifs de *Cy vg* et de *vg vg*. La confrontation de ces deux génotypes montre en effet que l'on a $f = -0,92$; $h = -0,93$, pour une concurrence forte, comparable à celle qui se réalise spontanément dans la population, et $h = -0,25$, pour une concurrence faible. La fréquence d'équilibre du gène *Cy*, calculée par la formule donnée plus haut, est alors de 0,369 qui correspond à une fréquence de 0,324 lorsque la concurrence est faible, comme dans la détermination de la composition génique. Il semble donc que l'on soit en droit d'affirmer que les populations où le chromosome porteur de *Cy* est toujours opposé à un chromosome porteur de *vg* doivent atteindre une composition d'équilibre comportant 74 *Cy* + pour 26 *vg vg*.

On pourrait croire qu'un tel équilibre est susceptible de subsister indéfiniment, mais il est facile de se rendre compte qu'il ne peut en être ainsi. Il suffit, en effet, pour le détruire, d'une recombinaison réunissant *Cy* et *vg* sur le même chromosome et faisant apparaître en même temps un chromosome ne les portant ni l'un ni l'autre. Ce dernier a toute chance de supplanter progressivement les types porteurs de gènes défavorables auxquels il se trouve opposé. Le chromosome porteur de *Cy* est affecté de deux inversions qui donnent à cette recombinaison une probabilité extrêmement faible; lorsqu'un nombre suffisant d'individus auront vécu

dans la population, cet événement se sera néanmoins produit à plusieurs reprises. On doit donc s'attendre à voir dans toute population *Cyvg* des Drosophiles de type sauvage apparaître, puis éliminer graduellement les *Curly* et les *vestigial*. Dans celle qui est étudiée ici, les premiers individus normaux ont été vus vers le 80ᵉ jour, et il ne restait plus au 200ᵉ jour que 2 % de *Cy* et 7 % de *vg vg*.

Mais ce phénomène secondaire, si aisément interprétable, ne change en rien la possibilité, jusqu'à présent théorique et maintenant établie expérimentalement, du maintien en équilibre, à une fréquence élevée, d'un gène léthal et de son allélomorphe normal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence des acides aminés sur la régénération*. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les acides aminés ont été utilisés, avec des résultats variables, dans l'étude du métabolisme cellulaire et des phénomènes de croissance et de différenciation des organismes. Nous avons cherché quelle influence pouvaient avoir certains acides aminés sur la régénération, chez les Planaires et les Tritons. Des *Polycelis nigra*, répartis par lots de 10 individus, ont été sectionnés transversalement au milieu de leur longueur. Les parties antérieures et postérieures ainsi constituées ont été placées dans une solution aqueuse d'un amino-acide déterminé, sous diverses concentrations moléculaires, avec un lot d'individus témoins. Le pH des solutions a été ajusté, quand cela a été nécessaire, à celui du milieu contenant les témoins. Les acides aminés suivants ont été utilisés : le glycocolle, l'acide *d*-glutamique (base et chlorhydrate), l'*l*-asparagine, la *d*-arginine, l'*l*-leucine, la *d*-lysine (bichlorhydrate), l'*l*-histidine (monochlorhydrate), l'*l*-cystine, l'*l*-tryptophane, ainsi qu'un amino-alcool, la choline (chlorure). Chacun de ces corps a été employé aux concentrations moléculaires 1/1000, 1/5000, 1/10000, 1/20000, 1/30000, 1/40000 et 1/100000. Nous avons étudié le régénérat, dans sa phase initiale, au moment où il est encore bien discernable des parties anciennes. Nous avons comparé la moyenne des longueurs des régénérats d'un lot d'animaux traités, avec la moyenne des régénérats, de même type, du lot d'animaux témoins. A la concentration de M/1000, tous les amino-acides sont toxiques; la choline ne l'est pas. A M/5000, l'arginine, la lysine et la cystine sont aussi toxiques, les

autres seulement nettement défavorables. Pour les concentrations de M/5000 à M/40000, les régénérats des animaux traités sont moins développés que ceux des animaux témoins. Entre M/20000 et M/30000, la régénération est le moins défavorablement influencée. Avec M/100000, les acides aminés sont favorables; les régénérats des animaux traités sont en moyenne 15 % plus longs que ceux des témoins. Les acides aminés utilisés à cette dernière concentration se classent suivant leur action favorable en valeur croissante : acide glutamique, glycocolle, cystine, lysine, tryptophane, arginine et histidine; cette série ne concorde pas avec celle des poids moléculaires.

Nous avons aussi constitué des mélanges de plusieurs acides aminés. Nous nous sommes limité à cinq mélanges (de deux, trois, ou quatre acides aminés), dont les constituants nous ont paru les plus favorables. Ces acides ont été utilisés de telle sorte que chacun d'eux, considéré seul dans la solution, était à la concentration de M/40000 pour un mélange de deux acides, de M/60000 pour un mélange de trois acides et de M/80000 dans le cas de quatre constituants. Les mélanges glycocolle-acide glutamique, glycocolle-acide glutamique-lysine-tryptophane sont légèrement défavorables pour la régénération. Les mélanges suivants : 1° glycocolle-acide glutamique-histidine, 2° glycocolle-histidine-tryptophane sont légèrement favorables. Avec un 5° mélange : glycocolle-arginine-cystine-histidine, les régénérats des animaux traités ont été 25% plus grands que ceux des témoins. On retrouve, ici, l'action favorable plus marquée de l'arginine et de l'histidine. Par ailleurs, les acides aminés montrent une plus grande activité en mélange qu'employés seuls.

Dans la régénération de la tête, les yeux apparaissent assez tôt, en se différenciant progressivement. Nous avons cherché quelle action pouvaient avoir les acides aminés sur leur différenciation. Nous avons expérimenté, comme précédemment, sur *Planaria lugubris*, avec le glycocolle, l'histidine, l'acide glutamique et le tryptophane, aux concentrations M/25000 et M/50000. Le glycocolle est sans action. L'histidine est nettement défavorable. Avec l'acide glutamique et le tryptophane, la différenciation des yeux des animaux traités est en retard sur celle des témoins. Cette influence est d'autant marquée que la longueur des régénérats est, comparativement, moins défavorablement influencée. Pour tous les cas, la concentration M/50000 a été moins défavorable que M/25000. Aux concentrations étudiées, on ne constate pas que le tryptophane soit un facteur de différenciation, comme divers auteurs l'avaient signalé.

En conclusion, l'action des acides aminés sur la régénération, chez les Planaires, a été très variable suivant la concentration à laquelle ils ont été employés. C'est à faible concentration que cette action s'est montrée favorable, surtout pour l'arginine et l'histidine.

Pour les Tritons, nous avons utilisé *Triton palmatus*, par lots de 10 individus. La régénération a été provoquée dans les membres postérieurs, après amputation dans le milieu du zeugopode, et nous avons comparé régulièrement les régénérats des animaux traités et des témoins. Les acides aminés, en solution dans l'eau distillée, ont été injectés (1/20 de centimètre cube tous les deux jours) dans le membre amputé, proximalement par rapport à la surface de section, et dans les muscles du dos.

Avec des solutions de glycocolle à 2 % et à 0,5 %, la régénération, au début accélérée, est en retard, dans la suite, sur celle des témoins. L'action, d'abord favorable, a porté sur les phénomènes initiaux, sur la cicatrisation. L'acide glutamique en solution à 1 %, le tryptophane à 0,3 %, l'arginine à 0,5 % et la cystine à 0,3 % n'ont, ni retardé, ni accéléré le processus de la régénération. Avec l'acide glutamique et la cystine, on a constaté de nombreuses malformations des segments de l'autopode. De plus, la cystine a retardé, au début, la cicatrisation. La moyenne des longueurs du 3e doigt du régénérat est la même chez les traités et chez les témoins. Avec la cystine, cette moyenne est un peu plus petite. Le chlorure de choline, employé à la dose de $0^{mg},09$ et $0^{mg},3$ par injection, a retardé le développement des régénérats; la dernière dose a provoqué une certaine accélération au début, jusqu'au stade *palette*.

Les acides aminés se sont donc montrés sans action appréciable sur la régénération chez les Tritons, au moins dans le sens favorable, à la différence du cas des Planaires.

La séance est levée à $15^{h}45^{m}$.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 FÉVRIER 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉODÉSIE. — *Les bases secondaires du réseau gravimétrique de la France Sud.* Note (¹) de M. **Pierre Lejay.**

Le but de cette Note est de comparer les valeurs de la pesanteur obtenues dans les stations qui ont été occupées plusieurs fois, et d'établir les valeurs les plus probables qu'il convient d'adopter dans ces stations qui peuvent servir de bases secondaires pour l'achèvement en cours du réseau gravimétrique de France.

La plupart des résultats utilisés ci-après ont été obtenus par R. Goudey, de 1934 à 1940, les autres par moi-même en 1940-1941.

Les résultats des premières campagnes (1934-1935) exécutées avec des gravimètres Holweck-Lejay, dont l'étalonnage n'avait pu être fait avec toute la précision désirable, ont dû être corrigés respectivement de 7 et 6 milligals pour ramener, en particulier, les valeurs obtenues à Clermont-Ferrand à la valeur 980,576 déterminée ultérieurement par plusieurs mesures concordantes, valeur que nous choisirons comme valeur de base fondamentale pour la France Sud.

Nous donnons ci-dessous, après les noms des stations entre lesquelles une liaison a été établie, la date où la liaison a été faite; le nom de l'observateur (G = R. Goudey; L = P. Lejay); entre parenthèses le nombre de stations occupées entre les stations comparées, nombre qui indique approxi-

---

(¹) Séance du 16 février 1942.

mativement le temps écoulé entre la station de départ et celle d'arrivée pendant lequel le pendule a pu légèrement évoluer; enfin la différence entre les valeurs de g conclues pour les deux stations, exprimée en milligals.

1. *Clermont Ferrand-Lyon* (Saint-Genis-Laval).

1935.G.(2)........................	35 mgals
1939.G.(4)........................	38
1941.L.(2)........................	42,5
1941.L.(3)........................	40
1940.L.(0)........................	36,5

En donnant un poids 1/2 à la dernière mesure troublée par des microséismes, la moyenne pondérée est 39 milligals et la valeur conclue pour Lyon est 980,615.

2. *Clermont Ferrand-Toulouse.*

1935.G.(50)........................	140 mgals
1936.G.(15)........................	139
1937.G.(13)........................	139
1940.L.(0)........................	139

La différence admise est 139 mgals et la valeur conclue pour Toulouse 980,437.

3. *Clermont Ferrand-Rodez.*

1937.G.(8)........................	175 mgals
1938.G.(22)........................	171
1939.G.(6)........................	173

En adoptant une différence de 173 mgals, la valeur conclue pour Rodez est 980,403. Mais Rodez est relié d'autre part à Toulouse :

1937.G.(4)........................	38 mgals
1940.G.(2)........................	35

En adoptant la différence 36 mgals et la valeur pour Toulouse trouvée plus haut, on conclut pour Rodez la même valeur que précédemment, 980,403, et le triangle Clermont-Toulouse-Rodez se ferme exactement.

4. *Clermond Ferrand-Albi.*

1936.G.(8)........................	73 mgals
1937.G.(11)........................	78

Adoptant une différence de 76 mgals, on conclut pour Albi 980,500.
Albi a été relié également à Toulouse :

1936.G.(6)........................	66 mgals
1937.G.(1)........................	61
1937.G.(3)........................	67
1940.G.(0)........................	59
1940.L.(0)........................	60

La moyenne des différences est 63 mgals et la valeur conclue pour Albi, à partir de Toulouse, est 980,500 ; le circuit Clermont-Toulouse-Albi se ferme lui aussi exactement.

5. *Clermont Ferrand-Périgueux.*

1937.G.(6)	25 mgals

Cette liaison conduit à admettre pour Périgueux 980,601.

On retrouve exactement la même valeur à partir de Toulouse :

1936.G.(0)	163 mgals

6. *Clermont Ferrand-Bellac.*

1937.G.(4)	91 mgals

Cette différence conduit à adopter pour Bellac 980,667, tandis qu'à partir de Toulouse :

1936.G.(8)	231 mgals

on conclut pour Bellac 980,668.

7. *Clermont Ferrand-Aubusson.*

1935.G.(5)	18 mgals
1937.G.(3)	20

d'où pour Aubusson la valeur 980,595.

8. *Clermont Ferrand-Francheville* (*Le Chatelard, Rhône*).

1941.L.(1)	42 mgals
1941.L.(2)	42

d'où pour Le Chatelard la valeur 980,618.

Mais Le Chatelard est aussi relié à Lyon (Saint-Genis-Laval)

1941.L.(0)	2 mgals
1941.L.(0)	4

d'où, à partir de Lyon 980,615, pour Le Chatelard 980,618 et le circuit Clermont Lyon-Le Chatelard se ferme exactement.

Les stations suivantes ne sont reliées qu'à Toulouse.

9. *Toulouse-Bagnères-de-Bigorre.*

1936.G.(3)	157 mgals
1940.G.(5)	151
1940.L.(3)	151

Si on élimine la première détermination, la valeur conclue pour Bagnères-de-Bigorre est 980,286.

10. *Toulouse-Lannemezan.*

1940.G.(4)	137 mgals
1940.L.(13)	136

Valeur conclue pour Lannemezan 980,301.

11. *Toulouse-Narbonne.*

1935.G.(7)......................	21 mgals
1940.G.(15)......................	22

Valeur conclue 980,458.

12. *Toulouse-Castelnaudary.*

1935.G.(6)......................	50 mgals
1940.G.(0)......................	52

Valeur conclue pour Castelnaudary 980,386.

13. *Toulouse-Carcassonne.*

1935.G.(7)......................	44 mgals
1940.G.(11)......................	47

Valeur conclue pour Carcassonne 980,391.

Seules, parmi les stations occupées plusieurs fois, Mende et Saint-Flour donnent lieu à incertitude par suite de discordance trop grande (6 et 7 mgals) entre les résultats obtenus au cours de diverses campagnes. Les 13 autres, citées plus haut montrent une concordance suffisante entre les diverses déterminations; l'examen des résultats semble confirmer que, si, dans l'établissement du réseau gravimétrique français quelques erreurs de plusieurs milligals ont pu être commises, les valeurs de près d'un millier de stations actuellement établies sont exactes à 1 ou 2 milligals près.

CORRESPONDANCE.

La **Faculté des Sciences de l'Université de Cluj** (à Timisoara) informe l'Académie de la cérémonie qui a eu lieu le 4 février 1942, en mémoire de MM. *Émile Picard* et *Henri Lebesgue*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° Jean Laval. *Étude expérimentale de la diffusion des rayons* X *par les cristaux* (présenté par M. Charles Mauguin).

2° Constantin Kurylenko. *Franges au voisinage de la discontinuité* K *des rayons* X (présenté par M. Charles Mauguin).

3° Louis Gallien. *La Sexualité* (présenté par M. Maurice Caullery).

GÉOMÉTRIE. — *Sur la réalisation de certains espaces à parallélisme absolu par des congruences de droites.* Note de M. **Octave Galvani**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que la connexion euclidienne induite sur une variété plongée dans un espace euclidien est toujours sans torsion, c'est-à-dire qu'on ne peut *réaliser* un espace à connexion euclidienne doué d'une torsion par une variété de points. Mais on peut songer à le faire au moyen d'une variété engendrée *par un autre élément*, la droite par exemple. Nous n'envisagerons pas ici l'extension du procédé à un espace de Klein quelconque ; nous nous bornerons à définir une connexion induite sur une congruence de droites de l'espace ordinaire et à déterminer les espaces à parallélisme absolu qu'on peut ainsi réaliser.

Définition de la connexion induite. — Soit $M\vec{e}_1\vec{e}_2\vec{e}_3$ le repère intrinsèque (¹) d'une congruence V de droites D $\left(M\vec{e}_3 \text{ sur D}, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\right.$ vecteurs unitaires trirectangulaires$\left.\right)$. Soient $dM = \sum_i \omega_i \vec{e}_i$, $d\vec{e}_i = \sum_j \omega_{ij} \vec{e}_j$; $i, j = 1, 2, 3$; $i \neq j$.

La congruence des parallèles à une droite fixe forme un espace $\overline{E}_2$ analogue au plan euclidien.

A toute droite D′ de V voisine de D on associera la parallèle D′* à D passant par M′, M′ étant l'origine du repère intrinsèque attaché à D′. On fait ainsi en quelque sorte la carte de V sur l'$\overline{E}_2$ passant par D. Par cet intermédiaire, on arrive à la carte de V sur un plan P perpendiculaire à D, à toute droite D′ de V étant alors associés dans P un point M′* et un repère $M'^*\vec{e}_1{}^*\vec{e}_2{}^*$ de composantes relatives ω_1, ω_2, ω_{12}. C'est ce qu'on aurait obtenu en faisant la carte, au voisinage de $\overline{M}$, d'un plan euclidien E'_2 généralisé dont le repère $\overline{M}\vec{e}_1\vec{e}_2$ aurait eu pour composantes

$$\varpi_1 = \omega_1, \qquad \varpi_2 = \omega_2, \qquad \varpi_{12} = \omega_{12}.$$

Nous dirons que V réalise E'_2. La « connexion induite » *a généralement courbure et torsion.* Le calcul en est immédiat à partir des relations de

(¹) Cf. É. Cartan, *La méthode du repère mobile, la théorie des groupes continus et les espaces généralisés* (*Exposés de Géométrie*, V, Paris, 1935, en particulier pp. 38-44).

structure de l'espace E_3 à 3 dimensions; par exemple une composante T_1 de la torsion est définie par

$$\varpi'_1 - [\varpi_{12}\varpi_2] = T_1[\varpi_1\varpi_2].$$

Or

$$\varpi'_1 - [\varpi_{12}\varpi_2] = \omega'_1 - [\omega_{12}\omega_2],$$
$$\omega'_1 = [\omega_{12}\omega_2] + [\omega_3\omega_{31}] \quad \text{d'où} \quad [\omega_3\omega_{31}] = T_1[\omega_1\omega_2].$$

Résultats dans le cas d'une congruence sans cône directeur. — Le point M est alors le milieu des foyers, les plans $D\vec{e}_1$, $D\vec{e}_2$ sont bissecteurs des plans focaux. On a les relations (²)

$$\omega_{31} = a_2\omega_2, \qquad \omega_3 = a_{31}\,\omega_1 + a_{32}\,\omega_2,$$
$$\omega_{32} = a_1\omega_1, \qquad \omega_{12} = a_{121}\omega_1 + a_{122}\omega_2.$$

La courbure R et le vecteur de torsion (T_1, T_2) de l'E'_2 réalisé sont

$$R = a_1 a_2, \qquad T_1 = a_2 a_{31}, \qquad T_2 = -\,a_1 a_{32}.$$

La courbure est l'inverse du carré de la demi-distance focale. En particulier E'_2 *n'est jamais à courbure nulle quand il n'y a pas de cône directeur.*

Le vecteur $\vec{T} = T_1\vec{e}_1 + T_2\vec{e}_2$ est la direction de $d\vec{e}_3$ quand M se déplace perpendiculairement à D. Plus précisément, $\omega_1 = -a_{32}dt$, $\omega_2 = a_{31}dt$ donnent $\omega_3 = 0$, $d\vec{e}_3 = \vec{T}\,dt$. $\vec{T}$ n'est partout nul que si $a_{31} = a_{32} = 0$ (puisque $a_1 a_2 \neq 0$). On a alors une congruence de *normales* ($\omega_3 = 0$) *à une surface minima* (M milieu des foyers). On peut ainsi montrer que, si une droite quelconque d'une congruence a une direction stationnaire quand le milieu des foyers se déplace perpendiculairement à elle dans une direction, cette congruence est formée des normales à une surface minima.

Congruence à cône directeur. — La surface focale dégénère en une partie S à distance finie et une courbe (C) à l'infini. L'origine M du repère intrinsèque est, sur D, à la distance 1 du foyer F; le plan $D\vec{e}_2$ est tangent à (C); $\vec{e}_3 = \overrightarrow{FM}$, et on a les relations (²)

$$\omega_{31} = 0, \qquad \omega_3 = a_{31}\omega_1 + a_{32}\omega_2;$$
$$\omega_{32} = a\,\omega_1 + \omega_2, \qquad \omega_{12} = a_1\,\omega_1 + a_2\,\omega_2,$$

(²) Pour la définition et la détermination générale du repère intrinsèque, cf. É. CARTAN, *loc. cit.* et *La théorie des groupes finis et continus et la géométrie différentielle traitées par la méthode du repère mobile* (*Cahiers scientifiques*, Paris, 1937, en particulier pp. 199-203).

$\omega'_{12} = 0$ et la courbure est nulle : l'espace E'_2 réalisé est *doué d'un parallélisme absolu*.

Torsion. — $T_1 = 0$, $T_2 = T = a_{31} - a a_{32}$. Même signification géométrique que plus haut. Si M se déplace perpendiculairement à D, $\overrightarrow{de_3}$ est parallèle à $\vec{e}_2$. En général, *la torsion n'est pas nulle*. Elle n'est partout nulle que si les cylindres de la congruence sont normaux à leur courbe de contact.

Détermination des espaces E'_2 à parallélisme absolu réalisables par des congruences K à cône directeur. — On peut toujours choisir le repère d'un tel E'^2, de sorte que sa torsion ait une composante T_1 nulle. Soient

$$\varpi_1 = \xi_{11}\,du_1 + \xi_{12}\,du_2, \qquad \varpi_{12} = d\varphi = \varphi_1\omega_1 + \varphi_2\omega_2,$$
$$\varpi_2 = \xi_{21}\,du_1 + \xi_{22}\,du_2,$$

où φ et les ξ sont des fonctions données de u_1 et u_2 satisfaisant à

$$\varpi'_1 = \varphi_1[\varpi_1\varpi_2].$$

Pour la congruence K associée, on devra donc prendre

$$\omega_1 = \varpi_1, \qquad \omega_2 = \varpi_2, \qquad \omega_{12} = \varpi_{12},$$

et d'autre part $\omega_{31} = 0$. Reste à déterminer a, a_{31}, a_{32} de

$$\omega_3 = a_{31}\omega_1 + a_{32}\omega_2, \qquad \omega_{32} = a\omega_1 + \omega_2,$$

les ω'_s devant vérifier les relations de structure $[\omega_s]$ de E_3. On posera, pour toute fonction f du point M, $df = f_{/1}\omega_1 + f_{/2}\omega_2$. $[\omega_1]$, $[\omega_{12}]$ sont vérifiées; $[\omega_1]$, $[\omega_{31}]$ équivalent à

(1) $$a_{31} - a a_{32} = T,$$
(2) $$\varphi_1 - a\varphi_2 = 0.$$

En tenant compte de (1) et (2), puis de (3), et si $\varphi_2 \neq 0$, $[\omega_{32}]$ et $[\omega_3]$ sont assurées par

(3) $$\varphi_{2/1} - a\varphi_{2/2} = 0,$$
(4) $$a_{32/1} - a_{32/2} - T_{/2} + T\varphi_1 = a.$$

(2) donne a; (3) exige alors $\varphi_{2/1}/\varphi_1 = \varphi_{2/2}/\varphi_2$, qu'on montre équivaloir à $\varphi_2 = h(\varphi)$ avec h arbitraire; (4) donne a_{32} et (1) donne alors a_{31}. *La condition de possibilité est donc que φ_2 soit fonction de φ*, et alors la solution, d'après (4), *dépend d'une fonction arbitraire d'une variable.*

Si $\varphi_2 = 0$, il faut $\varphi_1 = 0$ et $[\omega_{32}]$ donne $a_{/2} = T$, la solution dépend de deux fonctions arbitraires d'une variable.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la non-existence de courbes planes du huitième degré de genre 5 admettant $r \geq 14$ rebroussements.* Note de M. **Roger Apéry**, présentée par M. Élie Cartan.

D'après le théorème de Riemann-Roch, la série découpée sur la courbe C considérée par les droites du plan n'est pas complète :

C est la projection d'une courbe gauche Γ à partir d'un point O. Les rebroussements de C sont d'une part les projections des α rebroussements effectifs de Γ ($\alpha \geq 0$), d'autre part les projections des $r - \alpha$ rebroussements apparents de Γ (points dont la tangente passe par O).

Les $\infty^{34-\alpha}$ surfaces du quatrième degré passant par les rebroussements effectifs de Γ découpent sur Γ une série de $(32 - 2\alpha)$ points à $(27 - 2\alpha)$ paramètres. Il passe donc par Γ $\infty^{6+\alpha}$ surfaces quartiques. Les $\infty^{6+\alpha}$ polaires de O par rapport aux surfaces quartiques considérées forment une famille linéaire de surfaces cubiques qui passe par les $r - \alpha$ rebroussements apparents de Γ et qui la recoupent en une série de $(24 - r + \alpha)$ points de dimensions $\delta = 19 - r + \alpha$ (sauf si $r = 16$, $\alpha = 0$, et si la série est *spéciale*, auquel cas $\delta = 4$). Dans tous les cas $\delta \leq 5 + \alpha$ il existe donc une surface quartique (S) passant par Γ par rapport à laquelle la polaire (Σ) de O passe par Γ. Soit γ le reste de l'intersection de (S) et (Σ). Les courbes Γ et γ constituent l'intersection complète des surfaces (S) et (Σ); la différence du nombre de leurs points doubles apparents est donc

$$1/2\,(3-1)(4-1)(8-4) = 12 \quad [1].$$

La courbe γ, ayant quatre points doubles apparents, se décompose en deux coniques distinctes ou confondues, décomposées ou non, sans point commun. Si l'on suppose les coniques distinctes et situées dans deux plans $P = 0$, $P' = 0$, la surface (S) appartient au faisceau $P^2P'^2 + KK' = 0$, en appelant $K = 0$ et $K' = 0$ les équations des cônes de sommet O passant par les coniques considérées; la courbe Γ est décomposée. Supposons maintenant que γ soit une conique comptée deux fois. Si γ n'est pas une ligne singulière de (S), cette surface a une équation de la forme

$$P^3\Pi + KH = 0,$$

P et K représentant toujours le plan de γ et le cône de sommet O passant

(1) Salmon, *Cambridge and Dublin Mathem. Journal*, 5, 1850, p. 36.

par γ, Π et H un plan et une quadrique quelconque ; la courbe Γ est encore décomposée. Si γ est ligne double de (S), la courbe Γ coupe γ, outre les points-pinces de (S), en quatre points M situés sur la polaire (Q) de O par rapport à (Σ), mais où la tangente à Γ ne passe pas en général par O. Si une droite OM est tangente à Γ, OM coupe S en quatre points confondus avec M et est tangente à (Q). M est rebroussement apparent de Γ, mais est la limite d'un point de Γ non situé sur γ. Dans tous les cas, la courbe Γ n'admet que 12 rebroussements apparents, ses points d'intersection avec (Q) non situés sur γ. Il reste à déterminer si Γ peut avoir des rebroussements effectifs non situés sur (Q), ce qui n'est possible que si (S) admet un point singulier A. Si A est un point conique pour (S), il ne sera un rebroussement pour Γ que si OA se trouve sur le cône des tangentes, ce qui est incompatible avec le fait que (Q) ne passe pas par A ; A est donc obligatoirement un point double bi-planaire. Une surface du 4e degré à conique double ne pouvant avoir qu'un seul point double bi-planaire, on voit que C n'aura jamais plus de 13 rebroussements.

On a donc obtenu une démonstration plus courte du résultat de Zarisky sur la non-existence de courbes du 8e degré à 16 rebroussements (*American Journal of Mathem.*, 53, 1931, p. 309), et la démonstration de la non-existence des courbes du 8e degré à 15 rebroussements et un point double (classe 9, 18 inflexions, 5 tangentes doubles) et des courbes du 8e degré à 14 rebroussements et 2 points doubles (classe 10, 20 inflexions, 11 tangentes doubles).

Comme la transformation que j'ai définie dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 214, 1942, p. 46) permet, appliquée à une quartique à 3 rebroussements, d'obtenir des courbes du 8e degré à 15 rebroussements sans point double, ou des courbes du 8e degré à 14 rebroussements et un point double, et comme l'existence des autres courbes du 8e degré à caractères plückériens non négatifs se montre aisément, le problème de la réciproque des formules de Plücker est résolu pour les courbes du 8e degré : les seules courbes du 8e degré à caractères plückériens non négatifs qui ne peuvent exister sont celles qui sont étudiées dans la présente Note.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Convection forcée de la chaleur dans le cas d'une plaque plane placée dans un courant d'air, sous diverses incidences.* Note (¹) de MM. **Edmond Brun** et **André Roux**, présentée par M. Charles Fabry.

Les mesures que nous allons décrire ont eu pour but, dans le cas d'un plan chauffé placé dans un courant d'air, de déterminer la variation du coefficient de convection en fonction de l'angle que fait le plan avec le vent.

Une petite plaque, en contreplaqué, de 18^{mm} d'épaisseur maximum, de 105^{mm} d'envergure, de 155^{mm} de profondeur, pouvant être chauffée électriquement, est placée dans un vent moyen de 20 m:s. Sa face plane est recouverte de rubans de nichrome de 3^{mm} de largeur, de 0^{mm},3 d'épaisseur, connectés en série sur les côtés et ne laissant entre eux qu'un intervalle de 1^{mm}. Ces rubans sont noyés dans une couche de silicate de sodium, de 3^{mm} d'épaisseur, recouverte, à son tour, de plusieurs couches de vernis. L'autre face de la plaque est profilée, de sorte que le bord d'attaque est constitué par un biseau. La plaque peut pivoter autour d'un axe, situé dans son plan et perpendiculaire au vent, ce qui permet de faire varier l'incidence.

A cause de la bonne isolation thermique que constitue le contreplaqué, la presque totalité de l'énergie fournie à la plaque est transmise à l'air par la face plane; d'ailleurs, comme il ne s'agit que de mesures relatives, la fraction de l'énergie totale évacuée par l'arrière et par les bords de la plaque n'interviendrait dans les résultats que si cette fraction variait notablement avec l'incidence; or, nous avons pu vérifier que cette variation n'est pas très grande.

Ceci étant, quand le courant de chauffe est constant, un élément de surface ds de la face plane transmet à l'air, par seconde, une quantité de chaleur dq telle que le rapport $k = dq/ds$ est le même pour les divers éléments de surface et pour les diverses incidences. Si nous mesurons alors les différences θ, θ', ... entre les températures aux divers points de la plaque et la température de l'air, et cela pour diverses incidences, les coefficients de convection locaux h, h', ..., pour ces divers points et ces

(¹) Séance du 9 février 1942.

diverses incidences, seront donnés par

$$h = \frac{dq}{ds\theta} = \frac{k}{\theta}, \qquad h' = \frac{dq'}{ds'\theta'} = \frac{k}{\theta'}, \qquad \cdots$$

Ils seront donc entre eux comme les inverses des excès de température mesurés, ce qui permet leur détermination en valeur relative.

Les températures sont prises en trois points de la ligne médiane de la face plane, l'un, T_a, à 25^{mm} du bord d'attaque; l'autre, T_c, au centre, à $77^{mm},5$ du bord d'attaque; le troisième, T_f, à 24^{mm} du bord de fuite. En chacun de ces points se trouve une soudure extrêmement fine d'un couple manganine-constantan, affleurant parfaitement la surface; les trois autres soudures sont placées dans le vent de la soufflerie, en amont de la plaque. Pour éviter des perturbations dans le galvanomètre qui mesure les courants thermoélectriques, la plaque est chauffée par du courant alternatif.

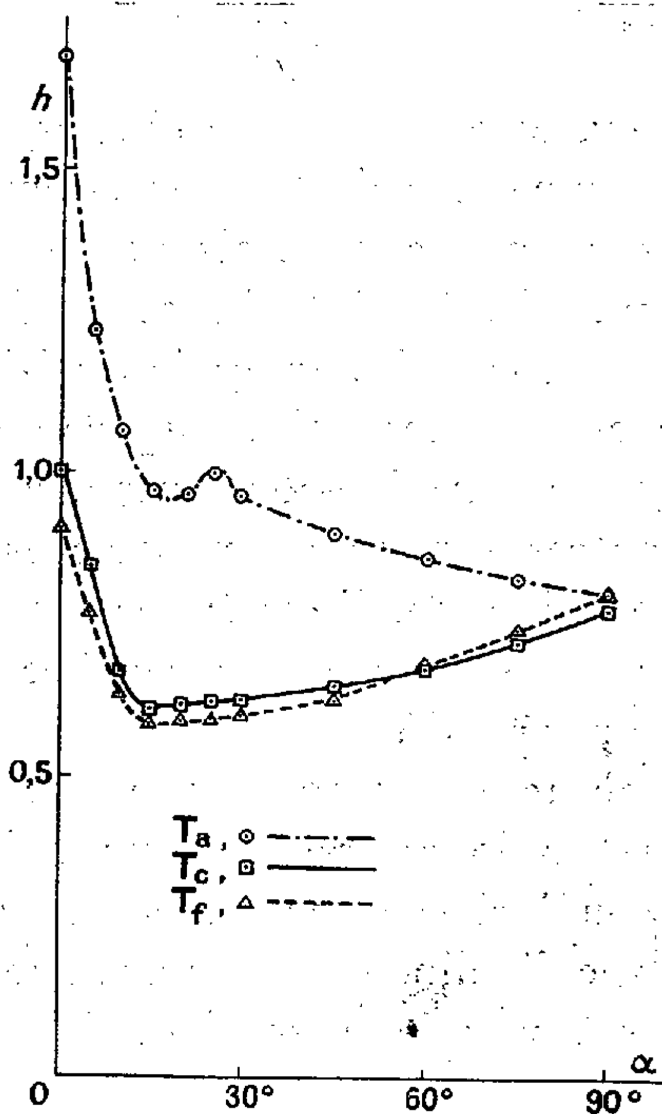
La vitesse du vent, mesurée à l'amont de la plaque là où la veine n'est pas encore perturbée, est toujours égale à 20 m : s. En fait, la constitution assez sommaire de la soufflerie ne permet pas un réglage de la vitesse, laquelle varie un peu avec l'inclinaison du plan; une correction permet de ramener les indications à ce qu'elles seraient si la vitesse était toujours de 20 m : s.

Les mesures ont été répétées de nombreuses fois avec des chauffages différents. Pour chaque série de mesures les valeurs des coefficients de convection h ont été calculées en prenant pour unité le coefficient de convection au centre (point T_c) pour une inclinaison nulle. Dans ces conditions, les résultats obtenus sont fidèles à 2 ou 3 % près. Les courbes ci-après donnent les valeurs de h en fonction de l'angle α que fait le plan avec le vent, pour les trois points T_a, T_c, T_f.

La comparaison des valeurs de h, aux points T_a, T_c, T_f et pour une inclinaison nulle, permet de déterminer la position approximative du point où l'écoulement passe du régime laminaire au régime turbulent. Ce point se trouve un peu en amont de T_c, ce qui correspond à un nombre de Reynolds, vx/ν (x, distance du point au bord d'attaque), voisin de 10^5, donc relativement faible (soufflerie très turbulente, plaque de petites dimensions, présence d'un biseau).

Les courbes montrent que, comme il fallait s'y attendre, la convection, toujours plus active au bord d'attaque, tend à s'uniformiser quand l'inclinaison augmente. L'allure des courbes est en relation avec les particularités

aérodynamiques qui se présentent lors de l'écoulement sur une plaque inclinée d'allongement 1,5.



Les courbes montrent encore que le coefficient moyen présente un minimum pour une inclinaison voisine de 15°; il est d'ailleurs probable que la position de ce minimum varie avec les dimensions de la plaque et son allongement. Toutefois, dans la technique de la convection, il y a tout intérêt à tenir compte de ce minimum, soit pour l'éviter (radiateur), soit pour l'utiliser (glace chauffante antigivre).

Nous avons fait également des mesures en utilisant la partie profilée comme bord de fuite; les résultats sont sensiblement les mêmes que précédemment, pour des inclinaisons comprises entre 30° et 90°; mais, pour des inclinaisons faibles, les coefficients de convection au bord d'attaque sont plus petits.

Nous avons finalement mesuré les coefficients de convection de la face plane quand celle-ci est à l'arrière. Contrairement à ce que l'on aurait pu penser, quand la plaque est assez fortement inclinée sur le vent, les coefficients sont un peu supérieurs à ceux que l'on mesure pour la face plane fouettée par le vent. La grande activité convective de l'arrière est liée à

l'existence de tourbillons, dont la forme dépend évidemment non seulement de l'envergure et de la profondeur de la plaque, mais encore de son épaisseur.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la succion sonique avec récupération.* Note [1] de MM. **Jean Villey** et **Jean Dienesch**, présentée par M. Albert Caquot.

On a signalé [2] l'intérêt qu'il y aura sans doute, dans la construction des grandes souffleries aérodynamiques à succion sonique par réservoir accumulateur, à réaliser économiquement la succion en utilisant un orifice sonique à récupération, c'est-à-dire un dispositif présentant la forme d'une tuyère de Laval complète. L'intérêt n'est pas seulement de diminuer la puissance nécessaire pour le pompage du réservoir (résultat que l'on peut obtenir également en consentant, pour ce pompage, un intervalle de temps plus long entre deux expériences), mais, bien plus encore, de rendre ce pompage réalisable avec de simples aspirateurs hélicoïdaux, grâce aux valeurs peu élevées de la dépression $(p_0 - p_8)$ exigée [3].

Les régimes d'aspiration sonique ainsi réalisés comportent une onde de choc dans le divergent récupérateur. La stabilité exige que les positions successives de cette onde de choc depuis le col sonique $(s_5 = s_4)$ jusqu'à la section de sortie $(s_6 = s_7)$ correspondent à des pressions $p_8 = p_7$ régulièrement décroissantes à partir du maximum p''_8 admissible. Cette condition de stabilité est satisfaite quand on suppose isentropique l'écoulement subsonique de s_6 à s_7; mais, avec un divergent trop long (valeurs élevées de $s_7/s_4 = \Sigma$), les frottements qui s'y produisent en réalité pourraient, lorsque l'onde de choc est voisine du col sonique, abaisser la pression p_7 au-dessous de la valeur ainsi escomptée, au point de compromettre la stabilité.

---

(1) Séance du 16 février 1942.

(2) A. Caquot, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 873; J. Villey et R. Jamin, *ibid.*, p. 889.

(3) Nous gardons les notations de la deuxième Note précitée, avec les indices : 0 pour l'atmosphère, 1 pour la chambre d'expérience, 2 pour la section de sortie du diffuseur, 3 pour la chambre d'aval, 4 pour l'orifice sonique, 5 et 6 pour les faces amont et aval de l'onde de choc, 7 pour la section de sortie du divergent récupérateur et 8 pour le réservoir aspirateur; s représente la section de passage.

Les calculs qui négligent les variations d'entropie autres que celle localisée dans l'onde de choc restent une bonne approximation pour les divergents récupérateurs de longueur modérée. Ils conduisent à introduire, outre le rapport $\pi = p/p_3$ entre les pressions en amont de l'onde de choc et la pression de départ p_3, le rapport $\pi' = p/p'_3$ entre les pressions en aval de l'onde de choc et la pression p'_3 dans l'état de départ fictif (¹) qui conduirait isentropiquement à l'état 6 (vitesse v_6 comprise).

Appelons σ le rapport s_5/s_4 et Σ sa valeur maxima s_7/s_4, et prenons pour inconnue le rapport $x = p_7/p_3$. En évaluant séparément, par des calculs connus, la chute de pression isentropique de $p_4 = 0{,}527 p_3$ à p_5, puis la discontinuité $\Delta p = p_6 - p_5$, enfin la remontée isentropique de pression de p_6 à p_7, et en posant

$$K = (\pi^{1,428} - \pi^{1,714})^{\frac{1}{2}}, \qquad J = 1 - \frac{0{,}0277}{1 - \pi^{0,285}},$$

$$K' = (\pi'^{1,428} - \pi'^{1,714})^{\frac{1}{2}} \quad \text{et} \quad H = (5{,}833\,\pi^{0,714} - 6\pi),$$

on arrive facilement aux équations

$$(1) \qquad \sigma K_5 = K_4 = 0{,}25898 \quad \text{ou} \quad \log\sigma = \log K_4 + \operatorname{colog} K_5,$$

$$(2) \qquad \pi_6'^{\,0,285} = J_5 \quad \text{ou} \quad \log\pi'_6 = \frac{1}{0{,}285}\log J_5,$$

$$(3) \qquad \sigma K'_6 = \Sigma K'_7 \quad \text{ou} \quad \log K'_7 = \log K'_6 + \log\sigma + \operatorname{colog}\Sigma,$$

$$(4) \qquad x = H_5 \frac{\pi'_7}{\pi'_6} \quad \text{ou} \quad \log x = \log H_5 + \log\pi'_7 + \operatorname{colog}\pi'_6.$$

Pour chaque valeur attribuée au paramètre π_5 on obtient σ par (1) et π'_6 par (2); l'équation (3) permet alors de passer de π'_6 à π'_7, si l'on a construit un tableau de correspondance des valeurs de π' et K'. On a ainsi tous les éléments pour évaluer x par l'équation (4).

Le tableau ci-après reproduit quelques valeurs ainsi atteintes pour x en fonction de la position σ de l'onde de choc, pour $\Sigma = 2$, 3, 4, 6 et 8. Elles paraissent encourageantes au point de vue de la stabilité probable, et font espérer la possibilité de fonctionner avec des dépressions motrices $p_0(1 - x)$ très modérées.

(¹) Ou, si l'on préfère, dans l'état final de repos auquel on peut arriver isentropiquement à partir de l'état 6.

k_2.	σ.	x_2.	x_3.	x_4.	x_6.	x_8.
0,527	1,000	0,94	0,97	0,99	0,99	0,99
0,45	1,014	0,94	0,97	0,98	0,99	0,99
0,40	1,038	0,93	0,96	0,98	0,98	0,99
0,35	1,076	0,91	0,95	0,96	0,97	0,97
0,30	1,133	0,88	0,92	0,94	0,94	0,95
0,25	1,218	0,84	0,88	0,89	0,90	0,91
0,20	1,345	0,78	0,82	0,84	0,85	0,85
0,15	1,551	0,68	0,73	0,75	0,76	0,76
0,10	1,930	0,54	0,61	0,62	0,64	0,64
0,05	2,899	–	0,39	0,43	0,45	0,45
0,03	3,977	–	–	0,30	0,33	0,34
0,016	5,941	–	–	–	0,21	0,22
0,011	7,604	–	–	–	–	0,17

Les vitesses modérées obtenues en aval de la section de sortie 7 permettront sans doute d'y placer les clapets de manœuvre (normalement prévus dans la chambre d'aval 3) et de supprimer le diffuseur de la soufflerie et la chambre d'aval 3. On sera ainsi conduit à séparer le réservoir aspirateur en deux parties, une préchambre dans laquelle débouchera le divergent récupérateur (pression p_7), et le réservoir principal (pression p_8 un peu plus faible), les clapets étant disposés sur la paroi séparant les deux.

L'orifice sonique étant alors immédiatement en aval de la chambre d'expérience, on n'a plus la faculté, pour faire des mesures à diverses vitesses, d'en mettre plusieurs en parallèle ([5]). Les variations de vitesse du courant d'air devront être obtenues par des modifications de section, au moyen de revêtements amovibles (dont les raccordements devront être très soignés), soit dans la chambre d'expérience, soit dans l'orifice sonique, soit dans les deux simultanément.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Un aspect ondulatoire de la Mécanique céleste.* Note ([1]) de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

D'après sa température centrale de $39,5 \times 10^6$ degrés, le Soleil est assez éloigné de l'époque primaire, qui correspond à $42,9 \times 10^6$ degrés.

([5]) Ce que l'on peut faire très facilement entre la chambre d'aval et le réservoir aspirateur.

([1]) Note extraite d'un pli cacheté déposé par l'Auteur le 8 décembre 1941.

Par contre, il est proche du 7e échelon de la série condensée puisque, pour lui,

$$n=\left[\frac{2c^2\mathcal{R}}{(137)^2\mathrm{GM}}\right]^{\frac{1}{2}}=\left[\frac{2\times 9\times 10^{20}\times 6,951\times 10^{10}}{(137)^2 6,66\times 10^{-8}\times 1,985\times 10^{33}}\right]^{\frac{1}{2}}=7,101.$$

Il n'est donc pas parvenu à son stade évolutif actuel en parcourant l'époque primaire; c'est une ancienne nova qui, depuis le cataclysme qui l'a frappée, ne s'est guère modifiée.

Dès lors, il est logique de rattacher la formation des planètes et de leurs satellites à ce cataclysme même, et l'exemple des étoiles doubles spectroscopiques conduit à penser que l'attribution des masses, des rayons et des périodes de révolution a dû se faire conformément à des lois analogues à celles auxquelles ces binaires sont soumises (2).

C'est bien ce qui semble s'être produit et, circonstance remarquable, les potentiels de gravitation quantifiés s'étant conservés, on peut encore, aujourd'hui, mettre en évidence les intervalles séparant les infrasons fondamentaux des astres en présence. Nous donnons ci-dessous ces intervalles (exprimés à l'aide des rapports 10/9 et 16/15, qui en acoustique définissent le ton mineur et le demi-ton majeur), les densités d (calculées en partant des intervalles ainsi que de l'expression de la période des infrasons, $\theta=2\pi\sqrt{\mathcal{R}^3/\mathrm{GM}}$) et, à titre de vérification, les densités extraites de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* et du *Cours d'Astronomie* de M. Bosler. Ajoutons enfin que nous avons adopté la valeur 5,52 pour la densité de la Terre et que, en ce qui concerne le Soleil, nous avons pris soin de tenir compte du coefficient 7,101/7, afin d'éliminer l'influence de son évolution depuis son écroulement.

Terre-Soleil......	$\left(\frac{10}{9}\right)^6$,	d'où	$d=1,43$	contre	1,41	1,39
» Lune.......	$\left(\frac{10}{9}\right)^3\cdot\frac{15}{16}$,	»	3,34	»	3,33	3,33
» Mercure.....	$\frac{15}{16}$,	»	6,28	»	6,2	6
» Vénus.......	$\frac{16}{15}$,	»	4,85	»	5	5
» Mars.......	$\frac{10}{9}\cdot\frac{16}{15}$,	»	3,93	»	3,8	3,92
» Jupiter.....	$\left(\frac{10}{9}\right)^6\cdot\frac{16}{15}$,	»	1,37	»	1,36	1,32

(2) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 643.

Terre-Saturne.....	$\left(\frac{10}{9}\right)^{10}$,	d'où $d = 0,671$ contre 0,7		0,7
» Uranus......	$\left(\frac{10}{9}\right)^{7}$,	» 1,26	» 1,3	1,3
» Neptune....	$\left(\frac{10}{9}\right)^{8}\frac{15}{16}$,	» 1,16	» 1,2	1,1

Ainsi un mécanisme ondulatoire paraît avoir présidé à la naissance du système solaire, comme à celle des binaires spectroscopiques, et la liaison entre ce mécanisme et le mécanisme classique de Képler-Newton résulte de ce que la loi de la vibration d'un astre et la troisième loi de Képler ont des formes identiques :

$$\theta = 2\pi\sqrt{\frac{\mathcal{R}^3}{GM}}, \qquad \mathcal{C} = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{GM_\odot}}.$$

On peut montrer que les dimensions absolues des systèmes en découlent; mais, ici, nous voulons insister sur la structure des intervalles qui séparent les périodes de révolution $\mathcal{C}$. Cette structure ressort du tableau suivant; et, bien que les écarts soient cumulatifs, on constatera que, entre les périodes calculées et celles que l'observation a permis d'enregistrer, on ne trouve pas un comma de différence ([3]).

$\mathcal{C}$ (Lune).......	$365{,}26\left(\frac{9}{10}\right)^{24}\cdot\frac{15}{16} =$	27,314 jours contre	27,322
(Mercure).....	$365{,}26\left(\frac{9}{10}\right)^{13,5}$	88,078 »	87,969
(Vénus).......	$365{,}26\left(\frac{9}{10}\right)^{4}\cdot\frac{15}{16}$	224,67 »	224,70
(Terre).......	$365{,}26\left(\frac{10}{9}\right)^{0}$	365,26 »	365,26
(Mars)........	$365{,}26\left(\frac{10}{9}\right)^{6}$	687,29 »	686,98
(Cérès, Pallas, Lætitia)....	$365{,}26\left(\frac{10}{9}\right)^{14,5}$	1683,0 »	1681, 1684, 1684
(Jupiter).....	$\left(\frac{10}{9}\right)^{23,5}$	11,893 années contre	11,862
(Saturne).....	$\left(\frac{10}{9}\right)^{32}$	29,123 »	29,457

([3]) Il est aussi à remarquer que, pour les astres qui se trouvent à proximité de la Terre, les demi-tons sont exacts, alors que, pour les autres, ils sont tempérés.

♅ (Uranus).....	$\left(\frac{10}{9}\right)^{42}$	$=$ 83,524	années contre	84,02
(Neptune)....	$\left(\frac{10}{9}\right)^{48,5}$	165,67	»	164,77
(Pluton).....	$\left(\frac{10}{9}\right)^{52,5}$	252,51	»	250 env.

En dehors de Cérès, Pallas et Lætitia, l'étude du diagramme des périodes de révolution de l'ensemble des petites planètes présente un grand intérêt. Ce diagramme montre un fond continu, parsemé des trous bien connus, avec un maximum extrêmement marqué au droit de l'échelon 14,5; et ainsi apparaît le caractère statistique de la loi des intervalles, quand les masses des astres deviennent très petites. Mais sur ce fond continu se détachent très nettement des pointes, qui forment structure fine : deux de ces pointes coïncident respectivement avec les échelons tempérés 13,5 et 14,5, et elles sont entourées d'autres pointes qui, deux à deux, sont exactement séparées par un intervalle d'un ton.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation de la méthode de Schwarz*. Note (¹) de M. **Georges Biben**, présentée par M. Henri Villat.

On connaît l'importance de la méthode de Schwarz dans l'étude des mouvements transversaux d'une membrane et dans l'étude des surfaces minima. Je me suis proposé d'étendre cette méthode aux équations plus générales du type elliptique

$$\Delta_2(\psi) + P\psi = 0. \tag{1}$$

P étant une fonction positive des coordonnées, le résultat de cette étude, que l'on trouvera développé dans un Mémoire en préparation, m'a montré que, si l'on suppose la fonction de Green généralisée toujours positive, on peut étendre aux équations (1) la méthode de Schwarz.

On peut se poser le problème suivant :

Déterminer une fonction ψ telle que : 1°

$$\Delta_2(\psi) + tP\psi = 0 \tag{2}$$

(t étant compris entre zéro et $1/c$, c étant la constante de Schwarz) en tout point d'un domaine D;

(¹) Séance du 16 février 1942.

2° $\psi = 0$ en tout point de la frontière F du domaine D.

Posons

$$J_0(\psi) = \int_D P\psi^2 dT, \qquad J_1(\psi) = \int_D \Delta_1\psi\, dT$$

(dT étant la densité tensorielle de l'élément de volume).

Nous allons démontrer ce théorème :

Pour aucune valeur de (t) *comprise entre zéro et* $1/c$, *la quantité* $J_1(\psi) - tJ_0(\psi)$ *ne peut être négative.*

Considérons l'intégrale

$$\int_D \psi^2 \Delta_1\left(\log\frac{\psi}{u}\right) dT,$$

u étant une fonction arbitraire devant s'annuler sur la frontière F du domaine D. Or

$$\int_D \psi^2 \Delta_1\left(\log\frac{\psi}{u}\right) dT = \int_D \Delta_1\psi\, dT - \int_D \frac{\psi}{u}\Delta_1(\psi, u)\, dT$$
$$- \int_D \frac{\psi}{u}\Delta_1(u, \psi)\, dT + \int_D \frac{\psi^2}{u^2}\Delta_1 u\, dT.$$

En appliquant le théorème de Green généralisé, on trouve

$$\int_D \psi^2 \Delta_1\left(\log\frac{\psi}{u}\right) dT = \int_D \Delta_1\psi\, dT + \int_D \psi\,\Delta_2\psi\, dT.$$

En conséquence

$$J_1(\psi) - tJ_0(\psi) = \int_D \psi^2 \Delta_1\left(\log\frac{\psi}{u}\right) dT - \int_D \psi[\Delta_2\psi + tP\psi]\, dT$$

et, en vertu de (II),

$$J_1(\psi) - tJ_0(\psi) = \int_D \psi^2 \Delta_1\left(\log\frac{\psi}{u}\right) dT.$$

Il nous reste alors à montrer que l'intégrale $\int_{D} \psi^2 \Delta_1\left(\log\frac{\psi}{u}\right) dT$ est positive.

En effet, $\psi^2 > 0$. Posons $\log\psi/u = F$, notre intégrale s'écrit

$$\int_D u^2 e^{2F}\Delta_1 F\, dT.$$

Il ne reste plus qu'à montrer que $\Delta_1 F > 0$. Introduisons avec M. Hadamard la quantité $\sqrt{\Gamma}$, qui n'est autre que la distance géodésique entre les points de coordonnées x^α et a^α (a^α étant les coordonnées du pôle de la

fonction de Green). $\Gamma = 0$ est l'équation du conoïde caractéristique de M. Hadamard qui devient, dans le cas elliptique, un conoïde isotrope.

On peut écrire

$$\frac{\partial F}{\partial x^i} = \frac{dF}{d\sqrt{\Gamma}} \frac{\partial \sqrt{\Gamma}}{\partial x^i}; \qquad \frac{\partial F}{\partial x^k} = \frac{dF}{d\sqrt{\Gamma}} \frac{\partial \sqrt{\Gamma}}{\partial x^k};$$

dans ces conditions

$$\Delta_1 F = \left(\frac{dF}{d\sqrt{\Gamma}}\right)^2 \left(A^{ik} \frac{\partial \sqrt{\Gamma}}{\partial x^i} \frac{\partial \sqrt{\Gamma}}{\partial x^k}\right) = \left(\frac{dF}{d\sqrt{\Gamma}}\right)^2 \Delta_1 \sqrt{\Gamma}.$$

Or l'on sait que $\Delta_1 \sqrt{\Gamma} = 1$; par suite

$$\Delta_1 F = \left(\frac{dF}{d\sqrt{\Gamma}}\right)^2$$

et l'intégrale considérée plus haut peut s'écrire $\int_D \left(u e^F \frac{dF}{d\sqrt{\Gamma}}\right)^2 dT$, ce qui démontre la proposition.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude des tensions de vapeur des mélanges acide nitrique-chloroforme et acide nitrique-éther éthylique.* Note [1] de MM. **Jean Desmaroux**, **René Dalmon** et **Robert Vandoni**, présentée par M. Charles Fabry.

Ce travail a été entrepris pour préciser les résultats déjà obtenus sur ces mélanges par d'autres méthodes : spectres d'absorption dans l'ultraviolet [2], spectres Raman [3], nitration de la cellulose [4], spectres d'absorption dans l'infrarouge [5]. Tous ces travaux ont montré que l'acide nitrique est libre dans les solutions chloroformiques, mais que, dans les mélanges avec l'éther, il se produit une altération de la fonction acide qui se traduit, selon la méthode employée, par une disparition des fréquences du groupe OH ou du pouvoir nitrant. Il était donc intéressant de voir comment se comporte la tension de vapeur de l'acide nitrique dans ces mélanges.

---

[1] Séance du 2 février 1942.
[2] R. Dalmon, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 413.
[3] J. Desmaroux, J. Chedin et R. Dalmon, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 455.
[4] J. Desmaroux, R. Dalmon et G. Petitpas, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 396.
[5] R. Dalmon, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 782.

Le mode opératoire et l'appareil utilisé seront décrits dans un Mémoire plus détaillé. La méthode employée était une méthode dynamique : les vapeurs étaient entraînées par un courant d'air et condensées. Connaissant le volume de l'air qui avait passé sur le mélange, le poids total du condensat et ceux de ses éléments, on en déduisait les pressions partielles des constituants du mélange. Les résultats correspondent à la température de 0°.

Mélange acide nitrique-chloroforme. — La figure 1 représente la variation des pressions partielles d'acide nitrique et de chloroforme en fonction

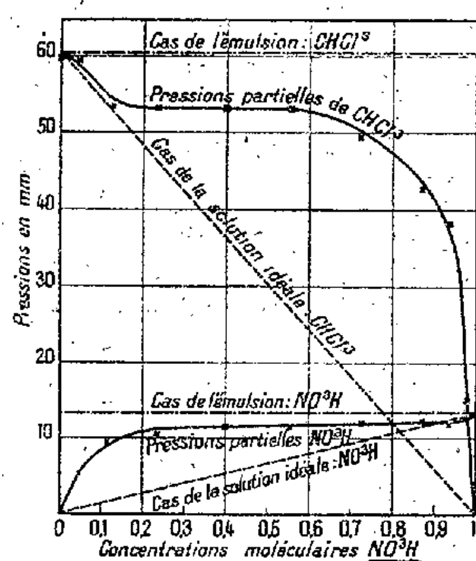


Fig. 1.

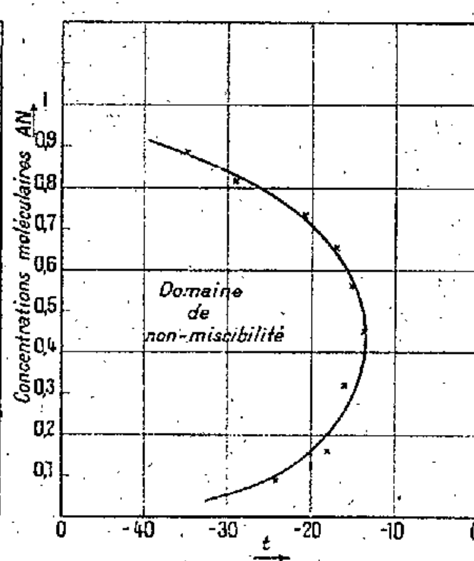


Fig. 2.

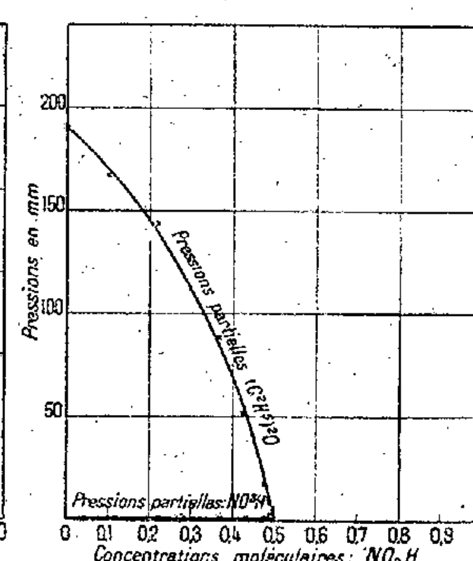


Fig. 3.

de la concentration. On constate que le mélange ne se comporte pas comme une solution idéale, mais les longs paliers horizontaux qui ont une ordonnée voisine de la valeur de la pression de vapeur du constituant pur montrent que les deux constituants semblent émettre leurs vapeurs comme s'ils étaient juxtaposés. On aurait affaire à un état intermédiaire entre la solution idéale et l'émulsion des constituants libres.

A l'appui de cette idée, on a déterminé en fonction de la concentration et de la température les points de trouble des solutions acide nitrique-chloroforme. Les résultats de ces expériences sont traduits sur la figure 2. On voit qu'à 0°, température de détermination des pressions partielles, on n'est pas très loin du domaine de non-miscibilité. C'est ce qui explique l'allure horizontale des courbes obtenues. En opérant à une température plus élevée, on devrait trouver des paliers moins longs.

Mélanges acide nitrique-éther éthylique. — La figure 3 représente la variation des pressions partielles en fonction de la concentration. On constate que, lorsque la concentration de l'acide nitrique croît jusqu'à la proportion équimoléculaire, sa tension de vapeur reste pratiquement nulle

(elle n'atteint pas 1^{mm}), alors que les pressions partielles de l'éther décroissent jusqu'à o. Le mélange de proportion équimoléculaire a une tension de vapeur à peu près nulle. On peut donc parler d'une combinaison équimoléculaire qui se forme au sein de tels mélanges. Cette combinaison se dissout dans l'excès d'éther, dont la tension de vapeur se manifeste seule.

Il n'est pas possible de dépasser la proportion équimoléculaire dans les mélanges; au delà, l'acide nitrique se trouvant libre, il se produit une décomposition vive et rapide avec dégagement de vapeurs nitreuses, même dans la glace carbonique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la diffusion dans l'acier de l'hydrogène atomique résultant du décapage dans les solutions acides.* Note ([1]) de M. **Paul Bastien**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons montré ([2]) que l'hydrogène atomique résultant du décapage dans les solutions acides diffusait en quantité notablement plus grande et beaucoup plus profondément dans l'acier écroui que dans l'acier recuit. A ce point de vue, l'étude des quantités d'hydrogène dégagé au contact de l'eau par des fils d'acier extra-doux (C = 0,065 %, diamètre 2^{mm}) après des décapages prolongés est particulièrement intéressante. A l'état recuit, les dégagements, d'abord très rapides, ralentissent progressivement jusqu'à arrêt complet, obtenu dans nos essais en 300 heures (*fig.* 1 *c*); à l'état écroui, les dégagements, également très rapides au début, ralentissent mais continuent régulièrement à vitesse plus faible pendant *plus de* 10 000 *heures* (*fig.* 1 *d*) : la pente de la portion *bc* de la courbe est d'autant plus forte que le décapage a été plus prolongé.

Ces allures nettement différentes s'expliquent aisément en considérant que la période de dégagement rapide correspond au départ des gaz de la couche adsorbée et des couches avoisinantes. Pour l'acier recuit ([3]), l'hydrogène est essentiellement réparti dans les couches superficielles ([4]),

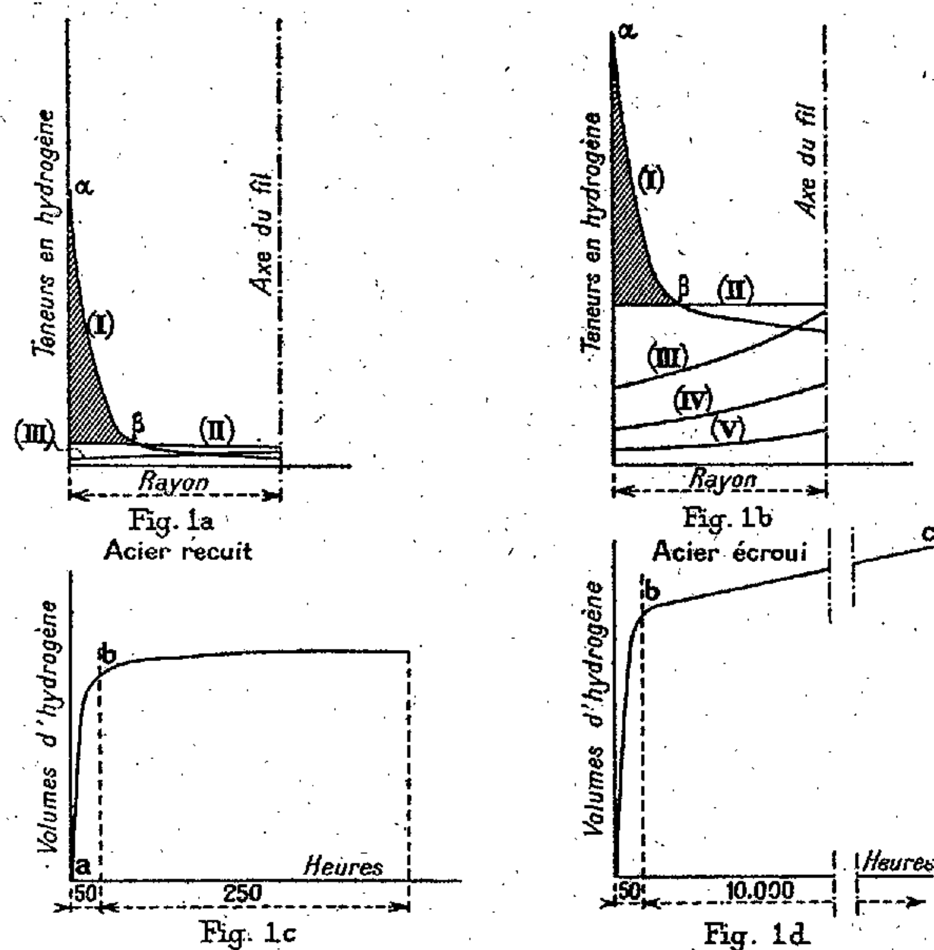
([1]) Séance du 9 février 1942.

([2]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 788-790.

([3]) P. Bastien, *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 706-708.

([4]) Par gaz réparti superficiellement, nous entendons l'hydrogène correspondant à la branche $\alpha\beta$ des courbes (I) des figures 1 *a* et 1 *b*, c'est-à-dire au gaz adsorbé et au gaz ayant diffusé sur quelques dixièmes de millimètre dans les couches avoisinantes.

de telle sorte qu'après son départ, le dégagement s'arrête (*fig.* 1*a*); pour l'acier écroui, les concentrations en hydrogène diffusé sont notables jusqu'en profondeur, de sorte qu'après le départ du gaz renfermé, à teneurs



élevées dans les couches superficielles, on assiste au dégagement progressif de celui ayant pénétré à cœur (*fig.* 1*b*).

Ceci est illustré par les valeurs suivantes obtenues pour 48 heures de décapage dans la solution HCl 10 % + 0,01 % Na^2S :

	État de l'acier (C = 0,065 %, Φ = 2mm).			
	Recuit.		Écroui.	
	Volumes d'hydrogène dégagé en cm³/100g d'acier.	Durée du dégagement en heures.	Volumes d'hydrogène dégagé en cm³/100g d'acier	Durée du dégagement en heures.
Gaz réparti superficiellement..	26,1	50	34	52
Gaz diffusé en profondeur....	1,6	250	64,7	10 000 (*)
Total..............	27,7	300	98,7	10 052

(*) Dégagement non terminé.

Dans toutes les expériences, faites avec des durées de décapage comprises entre 6 et 48 heures, les volumes d'hydrogène répartis superfi-

ciellement sont du même ordre et se dégagent dans le même temps; les gaz répartis en profondeur sont de faible importance relative vis-à-vis des précédents pour l'acier *recuit;* ils prennent une importance considérable et peuvent dépasser largement en volume les gaz répartis superficiellement pour l'acier *écroui :* ceci explique les particularités constatées lors de l'étude de l'évolution de la fragilité après décapage.

Il reste à préciser par quel mécanisme se fait la pénétration de l'hydrogène atomique dans le métal; nous estimons qu'elle s'effectue par diffusion généralisée des atomes d'hydrogène dans le réseau du fer alpha pour les raisons suivantes :

1° dans aucun des cas de décapage étudiés par nous (HCl 10 % avec ou sans 0,01 % Na^2S, durées d'immersion 0 à 48 heures), il n'a été constaté d'altération micrographique de la structure cristalline malgré une fragilité de décapage intense (examens entre 15 et 2000 diamètres, avec ou sans attaque métallographique);

2° les essais de microdureté montrent que la pénétration de l'hydrogène est accompagnée d'un accroissement de dureté de 15 et 7 unités Brinell pour l'acier recuit et l'acier écroui (HCl 10 % + 0,01 % Na^2S, 15 heures);

3° les essais de traction indiquent que la pénétration de l'hydrogène provoque un relèvement de la charge de rupture et de la limite élastique; on a : acier recuit, $\Delta R = 3,5$, $\Delta E = 2,3$; acier écroui $\Delta R = 0,7$, $\Delta E = 0,4$ (kg/mm²);

4° la pénétration de l'hydrogène provoque également un accroissement de la résistance électrique, léger mais d'autant plus fort que le fil est plus fin;

5° les volumes d'hydrogène dégagés après décapage par l'acier sont identiques pour des grosseurs du grain de ferrite allant de $0^{mm},020$ (n° 8 A. S. T. M.) à $0^{mm},1$ (n° 4), résultat en accord avec ceux d'Edwards [5] qui montrent que la diffusion de l'hydrogène résultant de l'attaque du fer dans les solutions acides s'effectue avec la même vitesse à travers une paroi monocristalline ou polycristalline;

6° les fissures obtenues par pliage de fils décapés peuvent être intercristallines ou intracristallines; dans ce dernier cas, leur parcours dans les cristaux est, en général, rectiligne : il y a donc affaiblissement aussi bien de certains plans de clivage que des joints des cristaux.

On peut penser, d'après ce qui précède et en accord avec les effets

---

[5] *J. Iron and Steel Institute*, 110, 1924, pp. 9-60.

intenses constatés, notamment sur la capacité de déformation de l'acier, que cette diffusion se fait par formation d'une solution solide fer-hydrogène d'insertion.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur une application des réactions synioniques à la séparation quantitative de l'effet stérique et de l'effet de polarité.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant préparé les quatre corps

(I)	$CH^3-CH^2-CH^2-CH^2Cl$,
(I')	$CH^3-CH=CH-CH^2Cl$,
(II)	$CH^3-CHCl-CH^2-CH^3$,
(II')	$CH^3-CHCl-CH=CH^2$,

j'ai déterminé, sans grande précision d'ailleurs, le rapport des vitesses de réaction de (I) et (II) d'une part, (I') et (II') d'autre part, sur divers réactifs dans des conditions aussi comparables que possible; le tableau ci-dessous résume les principaux résultats.

	$K_{(I')}/K_{(II')}$.	$K_{(I)}/K_{(II)}$.	$K_{(I')}/K_{(II')} : K_{(I)}/K_{(II)}$.
1° NO^3Ag hydroalcoolique......	100/98	100/550	5,6
2° Hydrolyse (eau-acétone)......	100/80	100/450	5,6
3° CH^3CO^2Na hydroalcoolique...	100/66	100/400	6,1
4° C^2H^5ONa alcoolique.........	100/10	100/50	5
5° Pyridine alcoolique..........	100/9	100/40	4,4
6° NH^3 alcoolique..............	100/7	100/35	5

On voit que les nombres de la troisième colonne s'écartent peu de leur moyenne 5,3, bien que les vitesses absolues pour les corps éthyléniques soient, en gros, 10^2 fois plus grandes que pour les corps saturés. Même si des mesures plus précises devaient venir accentuer quelque peu les divergences, il n'en resterait pas moins que cette quasi-constance ne paraît pas fortuite, et justifie une explication théorique.

Je propose celle-ci :

Une vitesse de réaction dépend de deux éléments : la mobilité M de la fonction, qui n'est liée qu'aux influences électrostatiques des substituants, et l'empêchement stérique S, qui entrave plus ou moins la réaction. Il est peut-être arbitraire, mais non absurde, d'écrire pour une réaction donnée

$$K = C \times \frac{M}{S},$$

la constante C caractérisant le type de réaction (hydrolyse, amination, éthérification etc.).

Si nous considérons que les réactions de I′ et de II′ sont bien synioniques, elles mettent en jeu l'ion commun



$$CH^3—CH^+—CH^-—CH^{2+}.$$

Or, dans les deux molécules (I′) et (II′), les substituants, sauf le chlore, occupent exactement la même position par rapport au système des trois carbones allyliques; si le chlore occupe une position différente, il n'en occupe pas moins la même position par rapport à un atome de carbone qui doit devenir un pôle positif. Si donc nous admettons la solidarité des atomes de carbone du système tripolaire, les influences des substituants jouent exactement de la même façon sur sa formation. En d'autres termes, la mobilité du chlore doit être exactement la même dans (I′) et dans (II′).

Si une réaction est peu sensible à l'empêchement stérique (cas du nitrate d'argent), elle se fera avec la même vitesse sur (I′) et sur (II′). Dans les autres cas, le rapport $K_{(I')}/K_{(II')}$ mesure le rapport $S_{(II')}/S_{(I')}$.

Ce rapport ne peut être inférieur à l'unité, car l'encombrement au voisinage du chlore est toujours plus grand chez (II′) que chez (I′), quelle que soit la nature de la réaction, mais il peut prendre des valeurs très voisines de 1 et des valeurs nettement plus grandes.

La structure stérique de (II) est très voisine de celle de (II′); celle de (I) est également très voisine de celle de (I′) (que l'on considère comme ayant la constitution trans). Il est donc naturel de penser que, dans chaque type de réaction, les rapports $S_{(II)}/S_{(I)}$ et $S_{(II')}/S_{(I')}$ restent très voisins.

Appliquons à une certaine réaction n l'hypothèse ci-dessus :

$$K^n_{(I)} = C_n . M_{(I)}/S^n_{(I)}; \quad K^n_{(II)} = C_n . M_{(II)}/S^n_{(II)}; \quad K^n_{(I')} = C_n . M_{(I')}/S^n_{(I')}; \quad K^n_{(II')} = C_n . M_{(II')}/S^n_{(II')}.$$

On en tire

$$\frac{K^n_{(I')}}{K^n_{(II')}} : \frac{K_{(I)}}{K_{(II)}} = \frac{M_{(I')} . M_{(II)}}{M_{(I)} . M_{(II')}} \times \frac{S^n_{(I)} . S^n_{(II')}}{S^n_{(I')} . S^n_{(II)}}.$$

Mais, comme $M_{(I')} = M_{(II')}$ et $S^n_{(I)}/S^n_{(II)} \approx S^n_{(I')}/S^n_{(II')}$ on a

$$\frac{K^n_{(I')}}{K^n_{(II')}} : \frac{K^n_{(I)}}{K^n_{(II)}} \approx \frac{M_{(II)}}{M_{(I)}} \approx \text{const}.$$

Le rapport $K_{(I)}/K_{(II)} : K_{(I')}/K_{(II')}$ représente donc le rapport des mobilités du chlore dans les molécules (I) et (II); ce rapport est très voisin de la moyenne 5,3 des nombres trouvés.

Cette théorie justifie la notion d'empêchement stérique, et permet de dégager quantitativement cet effet de l'effet de polarité; elle permet d'envisager une évaluation de ces effets en valeur relative.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des acétals du glycérol.* Note (¹) de M. **André Dupire**.

Les acétals cycliques du glycérol ont fait l'objet de nombreuses études, ainsi qu'en témoignent les 67 références du *Traité de Chimie organique* de Grignard.

L'obtention de ces composés est assez facile par condensation du glycérol avec un aldéhyde ou une cétone en présence d'acides ou de sels, mais les rendements sont généralement médiocres.

Comme il s'agit d'éliminer une molécule d'eau, nous nous sommes adressé à la méthode azéotropique, dont les résultats ont dépassé toutes les prévisions dès les premiers essais; dans certains cas, la réaction est presque explosive et il a fallu user d'artifices pour la modérer.

Cette méthode est applicable chaque fois que le solvant entraîneur d'eau présente un notable écart de point d'ébullition avec ceux de l'aldéhyde ou de la cétone. Il en résulte qu'à partir de C^4, la méthode devient presque générale.

Nous nous sommes servi d'un appareillage spécial [2], avec ballon comportant une tubulure supplémentaire munie d'un entonnoir à brome.

Voici, à titre d'exemple, la préparation du cyclohexylidène-di-oxypropanol-1.2. On place dans le ballon 415^g de glycérol et l'on emploie le toluène comme entraîneur, jusqu'à ce que le distillat passe bien limpide; ce qui permet d'extraire 6^{cm^3} d'eau.

On met alors, dans l'entonnoir à brome, 435^g de cyclohexanone et $0^{cm^3},3$ d'acide chlorhydrique à 22° Bé. Théoriquement, on doit recueillir 85^{cm^3} d'eau.

L'appareil est alors remis en route, vivement agité, et le contenu de l'entonnoir est coulé dans le ballon à raison de 1/10 de son volume tous les 5 minutes. Chaque ajouté détermine une vive effervescence et l'eau entraînée par le toluène se sépare aussitôt. Au bout de 3 heures, on a obtenu dans le séparateur de l'appareil 82^{cm^3} d'eau.

(¹) Séance du 16 février 1942.

(²) *Doc. scientifique*, 2, 1933, p. 139.

Le contenu du ballon est de couleur jaune paille; distillé sous vide il donne le produit cherché avec un rendement de 95 %.

L'acétal de l'aldéhyde benzoïque s'obtient avec un rendement théorique sans employer de catalyseur, le dérivé 1.2 prédomine.

Avec l'orthométhylcyclohexanone, la méthylamylcétone, une trace d'acide, et le toluène comme entraîneur, on obtient un rendement presque théorique avec prédominance du dérivé 1.2.

La méthylisobutylcétone, les aldéhydes butyrique et crotonique, traitées dans les mêmes conditions, mais avec le benzène comme entraîneur, donnent aussi d'excellents rendements en produit de condensation.

Le buténylidène-dioxypropanol, sirop jaune paille à odeur de caramel, se polymérise facilement; sa distillation doit être conduite très rapidement.

Nous donnons ci-dessous les constantes physiques de quelques dérivés 1.2, obtenus de beaucoup en plus forte proportion, et s'estérifiant facilement par l'anhydride arsénieux, ce dernier ne réagissant bien qu'avec les alcools primaires.

				R. M.	
Produit de départ.	E_0.	D_0.	N_{D_0}.	trouvé.	calculé.
Cyclohexanone............	145/22	1,121/15	1,4792/15	43,25	44,17
Orthométhylcyclohexanone.	132/7	1,098/21	1,4740/21	48,11	48,79
Méthylamylcétone.........	126/9	1,1/19	1,5132/19	50,99	51,20
Méthylisobutylcétone......	113/9	1,100/20	1,5133/20	47,47	46,36
Aldéhyde butyrique.......	130/35	0,95/22	1,4465/22	37	37,13
Aldéhyde crotonique.......	240/9	1,114/20	1,4780/20	36,67	35

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de quelques cétones à partir des chlorures d'acides et des magnésiens.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean Décombe**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les chlorures d'acides agissent sur 2^{mol} de magnésiens pour donner les alcools tertiaires. Il est en général impossible de fixer une seule molécule de magnésien et d'obtenir la cétone correspondante avec de bons rendements, sauf en série cyclanique (1).

Or on sait d'autre part que les magnésiens, ou bien ne réagissent pas (2), ou bien se comportent de façon *anormale* avec les cétones substi-

(1) Darzens et Rost, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 772.
(2) Mme Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 710.

tuées au voisinage de la fonction en donnant des alcools secondaires, le radical de magnésien passant à l'état de carbure éthylénique ([3]). Ces faits, rapprochés de ceux que l'on connaît par ailleurs, formation d'oximes, de phénylhydrazones, de semicarbazones ([4]) etc., établissent que la réactivité de la fonction cétone diminue quand augmente ce qu'on appelle l'*empêchement stérique*.

Ils laissent prévoir qu'en opérant dans des conditions convenables, il doit être possible de préparer un certain nombre de cétones *ramifiées* en faisant réagir les magnésiens sur les chlorures d'acides. Si, en effet, la cétone intermédiaire est suffisamment *encombrée*, la réaction ne pourra pas se poursuivre jusqu'à l'alcool tertiaire; elle s'arrêtera au terme cétone ou elle conduira à l'alcool secondaire, si le radical du magnésien s'y prête.

L'expérience a confirmé cette façon de voir. Nous l'avons conduite systématiquement en opposant tour à tour au chlorure d'isobutyryle les magnésiens du chlorure de méthyle, de *n*-propyle, d'isopropyle, de pseudobutyle et du bromure d'ortho-tolyle. Le mode opératoire adopté a été le suivant :

Le composé organomagnésien en solution environ normale, *préalablement titré à l'iode*, est versé goutte à goutte à — 15° dans la quantité exactement équimoléculaire de chlorure d'acide dissous dans l'éther anhydre. Un dispositif convenable permet d'effectuer toutes ces opérations en atmosphère d'azote sec.

Quand la condensation est terminée, on décompose par l'eau, et la solution éthérée, soigneusement décantée, est amenée à un volume connu. Puis sur une partie aliquote, on dose la cétone formée au moyen du chlorhydrate d'hydroxylamine en présence de bleu de bromophénol.

Toutefois, cette méthode de dosage ne convient pas quand l'encombrement augmente trop au voisinage de la fonction, car l'oximation devient paresseuse, et il se produit une destruction lente du réactif qui fausse les résultats ([5]). Il faut alors isoler la cétone du produit brut de la réaction. Mais ces cas correspondent précisément, ainsi que nous allons le voir, à des rendements élevés en cétone et par suite à des rectifications faciles.

Nos résultats peuvent se résumer dans le tableau ci-dessous qui indique le pourcentage du rendement en cétone pour les magnésiens des différents halogénures :

$ClCH^3$.	ClC^3H^7 *n*.	ClC^3H^7 iso.	ClC^4H^9 pseudo.	Br—C^6H^4—CH^3 ortho.
7,6	12,7	6	35	67

([3]) TUOT, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1941.
([4]) G. VAVON, *Traité de Chimie organique* de Grignard, 2, p. 581.
([5]) ANZIANI, *Thèse de Doctorat*, Nancy, 1936.

Il montre, à une exception près, que le rendement en cétone croît en même temps que l'encombrement, sauf pour l'isopropyle. Mais on sait que la diisopropylcétone qui devrait se former ici, est, comme l'a montré Stas ([6]), à peu près intégralement transformée, sous l'action des halogénures d'isopropylmagnésium, en diisopropylcarbinol avec formation de propylène.

D'autre part l'isopropyl-ortho-tolylcétone a été obtenue avec un rendement de 67 % en produit pur, distillé (É 108-109° sous 13^{mm}); or dans ce cas la réduction de la cétone est impossible, le radical du magnésien ne pouvant passer à l'état de carbure éthylénique.

Ces résultats ont été étendus à la préparation des cétones suivantes :

o-Anisylisopropylcétone (bromure d'*o*-anisylmagnésium + chlorure d'isobutyryle). — Rendement 63 % ; F 97-98°.

α-Naphtylisopropylcétone (bromure d'α-naphtylmagnésium + chlorure d'isobutyryle). — Rendement 63 % ; É 171-175° sous 13^{mm}, oxime F 141°.

9-*Phénanthrylisopropylcétone* (bromure de 9-phénanthrylmagnésium + chlorure d'isobutyryle). — Rendement 61 % ; É 210-215° sous 13^{mm}.

o.o'-Diméthylbenzophénone (bromure d'*o*-tolylmagnésium + chlorure d'*o*-méthylbenzoyle). — Rendement 65 % ; É 175-180° sous 13^{mm}, oxime F 105°.

Conclusion. — Il est donc possible de préparer à partir des composés organomagnésiens et des chlorures d'acides un certain nombre de cétones *encombrées* au voisinage de la fonction.

La méthode peut dans les cas envisagés remplacer celle qui utilise les composés organozinciques, d'une préparation délicate. De plus, elle présente en série aromatique un avantage sur celle qui utilise le chlorure d'aluminium, agent de transposition, conduisant le plus souvent à des mélanges d'isomères.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les* N-*monochlorocarbamates*.

Note de M. **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

En collaboration avec J. Bougault, nous avons décrit ([1]) un nouveau mode de préparation des N-dichlorocarbamates $RO.CO.NCl^2$ et quelques-unes de leurs propriétés.

([6]) *Bull. Soc. Chim. Belge*, **34**, 1925, p. 18.

([1]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 310, 400 et 487.

L'objet de cette Note est de signaler : 1° un nouveau mode de préparation des N-monochlorocarbamates; 2° quelques propriétés de ces composés.

Quelques N-monochlorocarbamates furent préparés par Datta et Gupta ([2]), puis Ouben ([3]), en faisant passer un courant de chlore en quantité calculée dans une solution aqueuse d'éther carbamique additionnée d'oxyde de zinc pour neutraliser l'acide chlorhydrique formé.

Ce mode opératoire ne convient qu'aux éthers carbamiques solubles dans l'eau et dont le dérivé N-monochloré est moins soluble que l'uréthanne dont il dérive; de plus, les rendements sont médiocres.

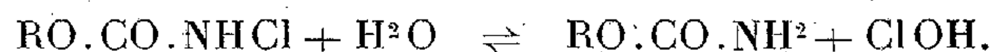
I. N-MONOCHLOROCARBAMATES. — *a. Préparation.* — Les N-monochlorocarbamates sont obtenus en dissolvant, en quantités équimoléculaires, l'éther carbamique dans son dérivé N-dichloré si ce dernier est liquide, ou en fondant au B. M. le mélange des deux corps. La réaction est complète



$$\mathrm{RO.CO.NCl^2 + RO.CO.NH^2 \rightarrow 2\,RO.CO.NHCl}$$

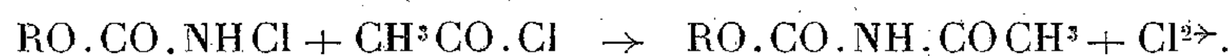
et les rendements théoriques.

b. Propriétés. — Les N-monochlorocarbamates possèdent les propriétés générales des dérivés N-halogénés, c'est-à-dire celles de l'acide hypochloreux résultant de leur hydrolyse :



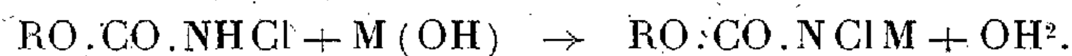
$$\mathrm{RO.CO.NHCl + H^2O \rightleftarrows RO.CO.NH^2 + ClOH.}$$

Ils réagissent directement sur le chlorure d'acétyle en donnant l'acétyluréthanne et en dégageant du chlore :



$$\mathrm{RO.CO.NHCl + CH^3CO.Cl \rightarrow RO.CO.NH.COCH^3 + Cl^2\nearrow.}$$

Fait remarquable, ces composés se comportent comme des monoacides et donnent des sels



$$\mathrm{RO.CO.NHCl + M(OH) \rightarrow RO.CO.NClM + OH^2.}$$

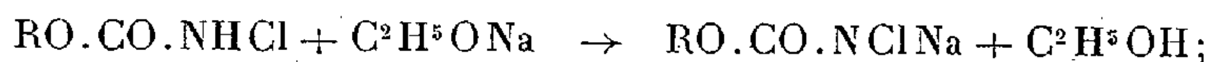
II. SELS DES N-MONOCHLOROCARBAMATES. — *a. Préparation.* — Les sels alcalins des N-monochlorocarbamates ont été entrevus par Traube ([4]) qui les obtint en évaporant une solution aqueuse de N-monochlorocarbamate additionnée de la quantité calculée d'alcali; un tel procédé fournit des composés impurs doués d'une faible activité réactionnelle.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 569.

([3]) *J. prakt. Chem.*, 2e série, 7, 1922, p. 105.

([4]) *D. R. P.*, 435529, Frdl., 15, p. 1421.

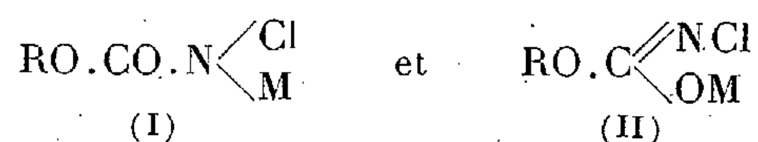
On obtient les sels alcalins des N-monochlorocarbamates à l'état pur en ajoutant à la solution éthérée de N-chlorocarbamate une quantité équimoléculaire d'alcoolate de sodium dans l'alcool absolu. Le sel alcalin précipite



$$RO.CO.NHCl + C^2H^5ONa \rightarrow RO.CO.NClNa + C^2H^5OH;$$

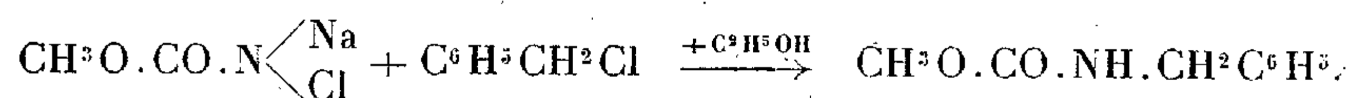
les rendements sont de l'ordre de 90 à 95 %. On obtient les sels des métaux lourds insolubles dans l'eau par double décomposition entre une solution aqueuse du sel de sodium du N-chlorocarbamate et une solution d'un sel soluble du métal lourd.

b. Constitution. — Deux formules tautomères peuvent représenter ces sels :



$$RO.CO.N\begin{matrix}\diagup Cl\\ \diagdown M\end{matrix} \quad \text{et} \quad RO.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NCl\\ \diagdown OM\end{matrix}$$
$$\text{(I)} \qquad\qquad \text{(II)}$$

L'action du chlorure de benzyle en milieu alcoolique sur le sel de sodium du N-chlorocarbamate de méthyle conduit au benzylcarbamate de méthyle après réduction par l'alcool du chlore actif :

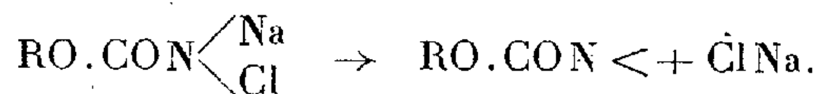


$$CH^3O.CO.N\begin{matrix}\diagup Na\\ \diagdown Cl\end{matrix} + C^6H^5CH^2Cl \xrightarrow{+C^2H^5OH} CH^3O.CO.NH.CH^2C^6H^5.$$

Ce fait serait en faveur de la formule (I).

Le sel d'argent $CH^3.O.CO.N\begin{matrix}\diagup Ag\\ \diagdown Cl\end{matrix}$ donne le même résultat, ce qui conduit à lui attribuer la même constitution qu'au sel de sodium.

c. Propriétés. — Les sels alcalins des N-chlorocarbamates constituent des poudres blanches qui, abandonnées à l'état sec, se décomposent spontanément après un certain temps en émettant des vapeurs lacrymogènes et abandonnant un résidu de chlorure alcalin. Par analogie avec les amides bromées sodées décrites par Mauguin ([5]), on peut représenter schématiquement ce phénomène par l'équation



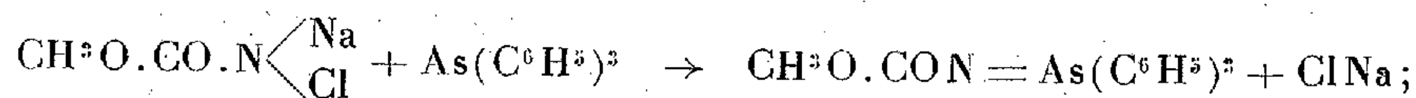
$$RO.CON\begin{matrix}\diagup Na\\ \diagdown Cl\end{matrix} \rightarrow RO.CON< + ClNa.$$

Les aptitudes réactionnelles de ces composés sont remarquables; ils peuvent provoquer un certain nombre de réactions que l'on peut classer en réactions : 1° d'addition, 2° de condensation, 3° de double décomposition, 4° de déshydrogénation.

([5]) *Thèse Doctorat ès Sciences physiques*, Paris, 1910.

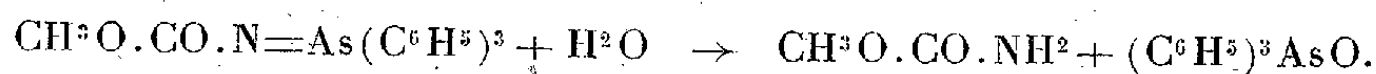
Dans cette Note, un exemple de réaction d'addition sera décrit :

Si l'on fait agir en milieu benzénique le sel de sodium du N-chlorocarbamate de méthyle sur la triphénylarsine, on provoque la réaction



$$CH^3O.CO.N\langle^{Na}_{Cl} + As(C^6H^5)^3 \rightarrow CH^3O.CON = As(C^6H^5)^3 + ClNa;$$

la méthylcarbamyltriphénylarsine s'hydrolyse avec facilité en conduisant à l'oxyde de triphénylarsine et au carbamate de méthyle

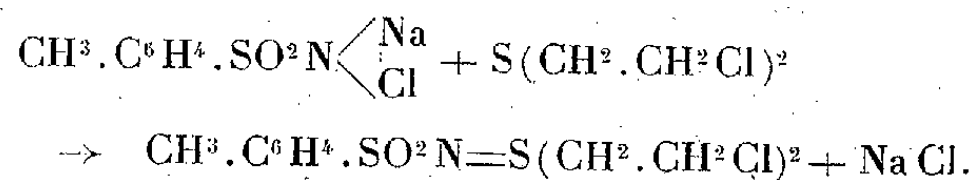


$$CH^3O.CO.N{=}As(C^6H^5)^3 + H^2O \rightarrow CH^3O.CO.NH^2 + (C^6H^5)^3AsO.$$

Le produit nommé méthylcarbamyltriphénylarsine ne correspond pas exactement à la formule donnée; son hydrolyse accuse un léger excès de carbamate de méthyle, comme le confirme le dosage d'azote.

Cette réaction peut être rapprochée de celle signalée par Raper ([6]) et que Mann et Pope ([7]) tentèrent de généraliser.

Faisant réagir le sel de sodium de la *p*-toluène sulfamide monochlorée sur le sulfure d'éthyle β.β-dichloré, Raper obtint le composé d'addition



$$CH^3.C^6H^4.SO^2N\langle^{Na}_{Cl} + S(CH^2.CH^2Cl)^2$$
$$\rightarrow CH^3.C^6H^4.SO^2N{=}S(CH^2.CH^2Cl)^2 + NaCl.$$

Mann et Pope préparèrent par le même procédé divers composés d'addition à partir d'autres sulfures organiques qu'ils appelèrent *sulfilimines*.

COMPOSÉS NOUVEAUX PRÉPARÉS.

N-chlorocarbamate de méthyle, $C^2H^4O^2NCl$	F 32°
» sel de sodium, $C^2H^3O^2NClNa$	déflagre à 115°
» sel d'argent, $C^2H^3O^2NClAg$	déflagre à 40°
Sel de sodium du N-chlorocarbamate d'éthyle, $C^3H^5O^2NClNa$	déflagre à 140°
N-chlorocarbamate de β-chloroéthyle, $C^3H^5O^2NCl^2$	F 42°
» sel de sodium, $C^3H^4O^2NCl^2Na$	déflagre à 75°
Méthylcarbamyltriphénylarsine, $C^{20}H^{18}O^2NAS$	F 84°

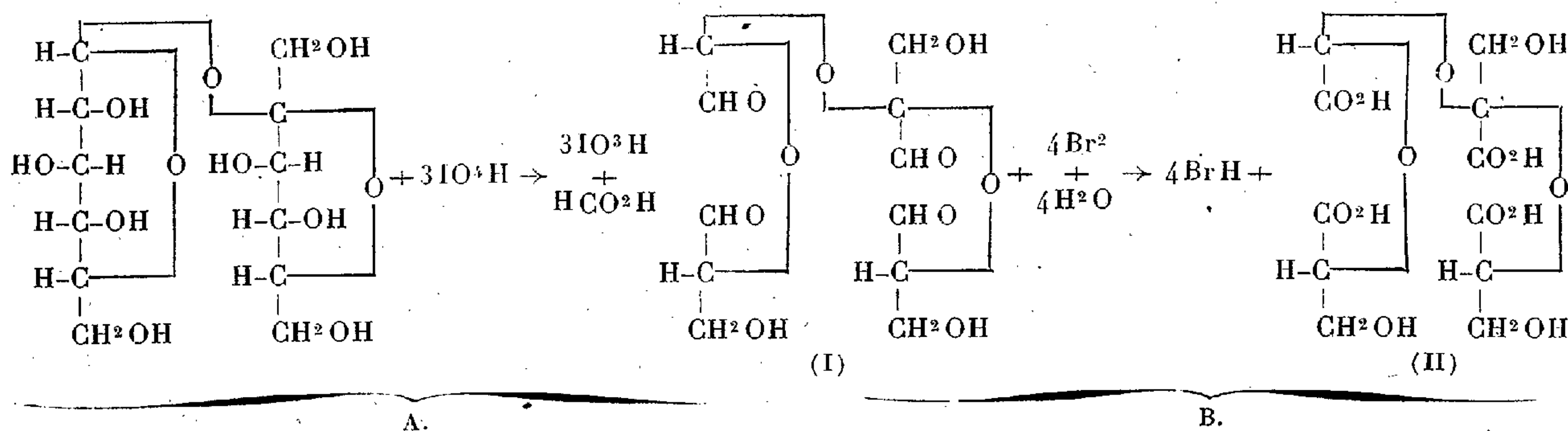
([6]) *Report to the Chemical Warfare Department*, mai 1917.

([7]) *J. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 1052.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation du saccharose par l'acide periodique.* Note de MM. **Paul Fleury** et **Jean Courtois**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les aldoses et cétoses libres sont oxydés par l'acide periodique comme s'ils réagissaient presque exclusivement sous leur forme linéaire ([1]). L'osidification par l'alcool méthylique stabilise par contre le cycle furanique ou pyranique de ces sucres; seules les fonctions glycol-α de ces cycles sont rompues par oxydation periodique ([2]). Nous avons recherché comment se comportent les diholosides. Le maltose réducteur est oxydé comme s'il réagissait sous forme linéaire; par contre, le saccharose se comporte comme si le blocage réciproque des fonctions réductrices de ses deux constituants stabilisait les cycles pyranique du glucose et furanique du fructose. Jackson et Hudson ([3]) ont d'ailleurs observé qu'au cours de l'oxydation periodique du tréhalose non réducteur, ses deux cycles glucopyranose étaient également stabilisés.

Nous avons mis en contact le saccharose et une solution d'acide periodique libre; l'oxydation est pratiquement terminée en 24 heures à 14°. Le pouvoir rotatoire dextrogyre correspond alors à 35 % de la rotation initiale du saccharose, dont une molécule a réduit trois molécules d'acide periodique.



([1]) P. Fleury et J. Lange, *J. de Pharm. et de Chimie*, **17**, 1933, pp. 196, 313 et 409; Mme Y. Khouvine et G. Arragon, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 167.

([2]) H. Hérissey, P. Fleury et Mlle Joly, *J. de Pharm. et de Chimie*, **20**, 1934, p. 149; E. L. Jackson et C. S. Hudson, *J. Amer. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 994.

([3]) *J. Americ. Chem. Soc.*, **61**, 1939, pp. 1530-1532.

En s'appuyant sur les faits signalés plus haut, on peut représenter cette oxydation par l'équation A, il se formerait une molécule d'acide formique et une du tétraldéhyde (I) à trois ponts oxydiques.

Diverses déterminations analytiques nous permettent d'appuyer cette hypothèse. Pour une molécule de saccharose oxydé :

a. la variation d'acidité à la thymolphtaléine indique la formation d'une seule fonction acide;

b. les composés formés, oxydés par l'iode en présence de carbonate de sodium, consomment 4^{at} d'oxygène;

c. oxydés par le brome en milieu bicarbonaté, ils consomment $4,71^{at}$ d'oxygène (l'acide formique, que l'hypoïodite laisse intact, est par contre oxydé par l'hypobromite à raison de 1^{at} d'oxygène par molécule d'acide);

d. il apparaît 3,7 fonctions aldéhydiques titrables par cyanimétrie. En outre le composé formé réduit à froid le réactif de Nessler et colore le réactif de Schiff.

L'acide formique a été isolé par extraction éthérée des produits d'oxydation periodique acidifiés et saturés de $SO^4(NH^4)^2$. Un seul épuisement, rapide par suite de l'instabilité du tétraldéhyde, a donné 70 % de l'acide théoriquement formé; nous l'avons titré acidimétriquement et bromométriquement après entraînement à la vapeur. Nous l'avons identifié par formation de cristaux de formiate de cérium et réduction des sels mercuriques et de l'azotate d'argent.

Nous poursuivons l'étude du tétraldéhyde (I). Nous avons d'abord cherché à l'identifier en l'oxydant par le brome en tétracide (II) à trois ponts oxydiques selon l'équation B. Nous avons fait réagir le brome en présence des carbonates de baryum ou de strontium. Nous avons ainsi pu obtenir, par précipitation alcoolique de leurs solutions aqueuses, les sels de baryum et de strontium du tétracide (II). Ces sels se conduisent comme des corps homogènes : par extraction aqueuse fractionnée du sel de baryum à la température ordinaire, nous avons obtenu des échantillons ayant sensiblement le même pouvoir rotatoire ($[\alpha]_D^{20}$ vers $+23°$) et la même teneur en baryum. De même, la précipitation alcoolique fractionnée du sel de strontium nous a permis de séparer quatre échantillons ayant à peu près le même pouvoir rotatoire ($[\alpha]_D^{20}$ vers $+24°$).

Ces sels amorphes et hygroscopiques n'ont pu être obtenus cristallisés. Après dessiccation à 100° jusqu'à poids constant, leur composition se rapproche d'assez près de celle prévue par les formules :

$C^{14}H^{12}O^{14}Ba^2$, trouvé %, C 19,83; H 1,92; Ba 42,59; calculé %, C 20,53; H 1,87; Ba 42,74.

$C^{14}H^{12}O^{14}Sr^2$, trouvé %, C 23,8; H 2,25; Sr 30,82; calculé %, C 24,3; H 2,20; Sr 32,22.

Ces sels ne sont pas réducteurs, ils sont très aisément hydrolysés par les acides et donnent des substances réductrices. Nous terminons actuellement l'identification des corps formés après rupture des trois ponts oxydiques par hydrolyse à 100°. Nous avons pu caractériser les trois corps qui doivent théoriquement se former : acide *d*.glycérique (2^{mol}), acide glyoxylique (1^{mol}), acide hydroxypyruvique (1^{mol}); ce dernier est décarboxylé pendant l'hydrolyse en aldéhyde glycolique et anhydride carbonique.

Nos résultats confirment la constitution actuellement admise pour le saccharose, en particulier l'existence d'un cycle glucopyranique, car le glucofuranose aurait donné naissance à de l'aldéhyde formique dont nous n'avons jamais pu déceler la formation. D'autre part, la formation d'une seule molécule d'acide formique indique l'existence d'un seul cycle pyranique; le fructose se trouve donc de ce fait sous forme de fructofuranose.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'amide nicotinique.* Note de MM. **Jean-Albert Gautier** et **Eugène Leroi**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Depuis que l'amide nicotinique a été identifié à la vitamine P. P. et reconnu comme l'un des constituants de la cozymase (dinucléotide de l'adénine et de l'amide nicotinique, Schlenk et H. v. Euler, 1936), son étude biochimique a suscité de nombreux travaux. Par contre, il semble qu'on se soit moins préoccupé des caractères analytiques de cet amide pris à l'état de pureté, bien qu'il y eût quelque intérêt à fixer ces caractères, les échantillons commerciaux contenant souvent, entre autres impuretés, de l'acide nicotinique, d'où possibilité d'erreurs dans les déterminations colorimétriques; celles-ci donnent, en effet, des résultats différents suivant qu'elles s'appliquent à l'acide ou à l'amide.

Des recherches en cours de développement nous ayant fourni l'occasion de préparer certains dérivés simples de l'amide nicotinique, nous consignons ici ces premiers résultats.

L'amide que nous avons mis en œuvre fond à 128° (bloc, non corr.) (¹); nous avons reconnu son caractère basique dû à l'azote intracyclique. Cet amide précipite l'ion ferrique sous forme d'hydrate soluble dans un excès de réactif. Une molécule d'amide absorbe, au total, pour la précipitation et la redissolution, exactement un atome de métal.

Sels. — Vis-à-vis des acides minéraux, l'amide se comporte comme une base univalente et donne des sels bien cristallisés; leur solution aqueuse M/10 présente un pH voisin de 2 : leur réaction ionique exclut la possibilité d'un dosage alcalimétrique de l'amide libre au moyen des indicateurs usuels; par contre les sels minéraux de l'amide peuvent être dosés par voie acidimétrique en présence de phtaléine.

Nous avons isolé le *chlorhydrate*, F 200°, l'*iodhydrate*, F vers 195° (déc.) et le *nitrate*, F vers 200° (déc.), tous trois solubles dans l'eau, et aussi un *picrate*, $C^6H^6N^2O$, $C^6H^3N^3O^7$, F 182°, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool chaud.

Composés d'addition. — Le bichlorure de mercure en solution aqueuse précipite l'amide et son chlorhydrate sous forme d'un même *chloromercurate* cristallisé (²), Cl^2Hg, $2C^6H^6N^2O$, F 218°. Le nitrate d'argent et l'amide donnent de même naissance au dérivé NO^3Ag, $2C^6H^6N^2O$, cristaux peu solubles dans l'eau se décomposant vers 190°. De ces deux dérivés d'addition, l'amide peut être régénéré facilement après élimination du métal par SH^2.

Periodures. — L'amide nicotinique fixe l'iode qui le précipite à l'état de periodures (³) en milieu aqueux ou alcoolique. Nous avons isolé ainsi des periodures riches en iode, mais instables; ils perdent une partie de leur halogène, par lavage ou recristallisation, pour se transformer finalement en un unique composé, qui peut être obtenu directement en combinant un atome d'iode à 1^{mol} d'amide; ce dernier forme une poudre cristalline brune, F 147°, $C^6H^6ON^2I$; stable à l'état sec, il cède la totalité de son

---

(¹) Différents auteurs ont obtenu successivement F 125°, F 120-122° et plus récemment F 130-132° [*Arch. Pharm., Og. Chem.*, 46, (96), 1939, p. 479, et *Chem. Centralblatt*, 1940 I, p. 212].

(²) Un chloroaurate, F 205°, a déjà été décrit (H. Meyer, *Monatsh.*, 23, 1902, p. 906).

(³) Suivant l'usage, nous nommons periodures tous les dérivés iodés d'addition, sans considération du nombre d'atomes d'halogène fixés.

halogène en milieu aqueux ([4]) et réagit en toutes circonstances comme un vecteur d'iode; il ne renferme ni iode de substitution ni ion iodhydrique, ce qu'on a vérifié en dosant, d'une part, l'iode total, par la méthode proposée antérieurement par l'un de nous ([5]), d'autre part, l'iode d'addition puis la somme iode d'addition + iode iodhydrique par la technique de Murril ([6]); les trois déterminations conduisent au même taux d'halogène.

Les divers periodures obtenus ci-dessus sont solubles dans un excès de réactif iodé, ce qui rend impossible le dosage iodométrique de l'amide. Par contre, lorsque le réactif est en quantité calculée, la formation du periodure insoluble peut constituer un mode de purification de l'amide, car l'*acide* nicotinique ne précipite pas par les réactifs iodo-iodurés ([7]); la décomposition par SH^2 du periodure régénère, en effet, un iodhydrate d'amide très pur.

Dérivés de la fonction amide. — L'amide nicotinique réagit aussi par sa fonction amidée; nous avons reconnu qu'un des atomes d'hydrogène du groupement $CONH^2$ se laisse substituer par un atome métallique comme le fait la benzamide. HgO récemment précipité convertit l'amide nicotique en *dérivé mercurique* $(C^5H^4N{-}CONH)^2.Hg$. L'oxyde jaune en léger excès est dissous par agitation dans une solution concentrée d'amide. Le sel mercurique de l'amide ne tarde pas à se déposer sous forme d'un précipité cristallin incolore. On peut sans craindre d'hydrolyser l'amide activer la réaction en opérant au bain-marie. Dans ces conditions, le sel est obtenu d'emblée à l'état de pureté; il est stable, très peu soluble dans l'eau, soluble dans les acides (ClH *n*), et fond à 293°.

Sous l'influence de l'oxyde d'argent naissant, l'amide nicotinique est pareillement transformé en *dérivé monoargentique*.

L'amide dissous dans l'eau est additionné de soude en excès et de la quantité théorique d'une solution aqueuse de NO^3Ag introduite goutte à goutte; il se forme d'abord un précipité brun d'oxyde d'argent qui se redissout instantanément et fait place à un précipité blanc cristallin.

Le composé obtenu, peu stable, est réduit par lavage prolongé; sec, il se

---

([4]) On peut baser sur cette observation un procédé de recherche des traces d'eau dans les solvants organiques : du benzène légèrement humide se colore en rose par agitation avec le periodure, mais demeure incolore s'il a été séché sur sodium.

([5]) J.-A. Gautier, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 219.

([6]) Murril, *J. Amer. Chem. Soc.*, 21, 1899, p. 828.

([7]) Restriction étant faite pour les solutions *concentrées* de ses sels d'acides minéraux.

décompose sous l'influence de la chaleur. L'analyse lui assigne la formule $C^6H^5N^2OAg$; Titherley ([8]) admet pour les dérivés argentiques de cet ordre la constitution R — C (OAg) = NH d'un sel d'imino-énol; avec le mode opératoire suivi, nous n'avons pas observé la formation des composés instables qui, d'après cet auteur, correspondraient à la forme tautomère amidée.

Des dérivés mercurique et argentique, SH^2 régénère ici encore l'amide à l'état de pureté.

Nous pensons que l'on peut trouver, dans certains des composés décrits ci-dessus, un mode de caractérisation et surtout de purification ([9]) de l'amide nicotinique.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur la théorie de la cristalloluminescence.* Note de M. **Charles Racz**, présentée par M. Charles Mauguin.

On peut distinguer dans la cristalloluminescence des halogénures alcalins, deux processus d'émission. Si l'on opère avec de très faibles quantités de précipité ($0^g,03$ Na Cl), l'intensité de la luminescence passe par deux maximums. Le premier, F, qui apparaît 5 à 10 secondes après l'addition, correspond à une luminescence de courte durée (fluorescence ?), le second, P, qui ne suit que deux minutes plus tard, correspond à une phosphorescence ayant une loi de déclin exponentielle ([1]).

L'étude spectrale dans le visible ([2]), dans le proche ultraviolet ([3]) et aux photocompteurs à CuI, montre que le spectre de cristalloluminescence de Na Cl est constitué d'une large bande continue s'étendant de 2400 à 4500 Å, avec un maximum symétrique vers 3400 Å.

Nos recherches sur la cristalloluminescence nous ont conduit à une explication fondée sur les deux hypothèses suivantes :

La croissance d'un cristal se ferait par développement de germes à une

---

([8]) *Journ. Chem. Soc.*, **71**, 1897, p. 468 et **79**, 1901, p. 408.

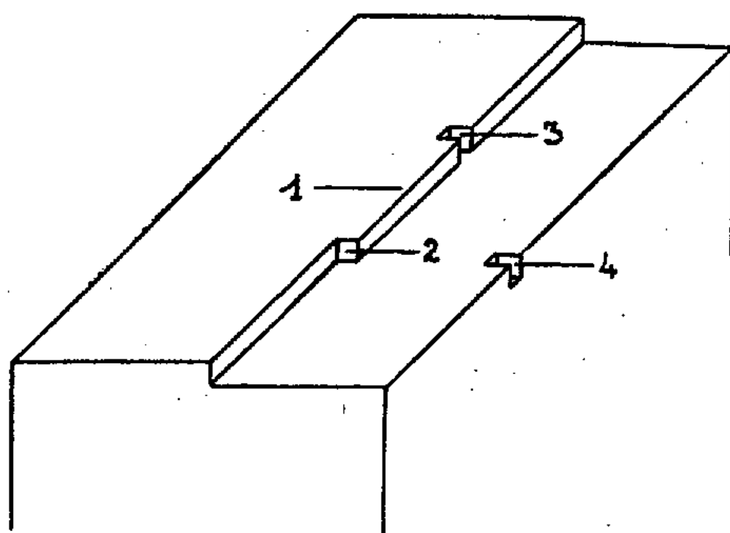
([9]) Au sujet de la purification, voir référence de la Note ([1]) et aussi Brevet suisse **156 930**.

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 604; **214**, 1942, p. 30.

([2]) Weiser, *J. Phys. Chem.*, **22**, 1918, p. 480.

([3]) Longchambon, *Bull. Soc. Minér.*, **48**, 1925, p. 130.

dimension (ou rangée) conformément au schéma ci-après (1 et 2). Il peut arriver, dans des conditions favorables, que deux germes à une dimension, formés sur une même lisière d'un plan réticulaire incomplet, viennent à se rencontrer (3 et 4).



1, germe à une dimension (rangée); 2, place de croissance normale; 3, rencontre des germes. Excitation F; 4, excitation P.

La mise en place du dernier ion entre les deux rangées provoquerait l'excitation de la luminescence F. Si la rencontre se fait sur l'arête du cristal, l'excitation correspondrait à la luminescence P.

On peut déterminer la variation de l'énergie libre dans le dépôt d'un ion sur ces positions particulières, si l'on admet que les forces agissantes sont l'attraction coulombienne et la répulsion de Born. Le calcul, déjà effectué par Stranski ([4]), donne, pour un réseau du type NaCl, $E' = 1{,}563\ e^2/r$ et $E'' = 1{,}588\ e^2/r$ respectivement pour les places F et P; soit pour NaCl, $E' = 169{,}5$ et $E'' = 173$ kcal. Ces valeurs, diminuées du travail de déshydratation des ions, donnent l'énergie disponible à l'excitation

$$Q \leq E - H \quad \text{d'où} \quad H \leq E - Q. \tag{I}$$

Admettons que l'excitation de phosphorescence corresponde au passage d'un électron de l'ion Cl^- sur l'ion Na^+, fournissant deux atomes neutres. Par un calcul analogue à celui qui a été fait par Klemm ([5]) pour expliquer les bandes d'absorption des cristaux des halogénures alcalins, mais en remplaçant la constante de Madelung A, par les valeurs calculées A' de Stranski, pour tenir compte du fait que les ions sont sur une arête, on

([4]) *Z. Phys. Chem.*, **136**, 1928, p. 259.
([5]) *Z. f. Phys.*, **82**, 1933, p. 529.

obtient la formule

$$h\nu = E + (2A' - 1)\frac{e^2}{r} - I - \Psi_{pol.} - \Omega_{hal.} - \Omega_{alc.} \quad (^6)$$

qui fournit les valeurs numériques

NaCl.	KCl.	NaBr.	KBr.	NaI.	KI.
2075 Å	2400 Å	2300 Å	2475 Å	3080 Å	2750 Å
très fort	fort	faible	faible	—	rien

Dans la troisième ligne, figurent les résultats d'observation de cristalloluminescence par des compteurs photoélectriques à CuI dont la limite de sensibilité est située vers 2700 Å.

L'énergie d'excitation de la luminescence F nécessite un calcul beaucoup plus compliqué, et nous nous contenterons de l'évaluer approximativement en la confondant avec la limite du spectre d'émission. On a alors pour NaCl, $Q' = 118$ et $Q'' = 138$ kcal.

Ces valeurs permettent d'évaluer le travail de déshydratation. L'application de la relation I donne

$$H' \leqq 169 - 118 = 51 \text{ kcal.} \qquad \text{et} \qquad H'' \leqq 173 - 138 = 35 \text{ kcal.}$$

Remarquons que $2 \times 17 = 34$; $3 \times 17 = 51$ et $5 \times 17 = 85$. La chaleur d'hydratation de l'ion Cl^- est voisine de 83 kcal. (7). On peut alors admettre que, si l'hydratation de l'ion chlore correspond à 5 molécules d'eau, l'ion déposé sur la lisière d'un plan réticulaire pourrait garder une molécule d'eau de moins que sur une arête.

Les différents aspects de la cristalloluminescence (1) peuvent être facilement expliqués par nos hypothèses. On peut montrer que la probabilité de rencontre des germes est d'autant plus grande que les lisières sont longues et que leur nombre est petit. Cette probabilité en fonction de la sursaturation passe par un maximum. Une forte sursaturation correspond à un précipité très fin, donc sans luminescence. Celle-ci n'apparaît qu'au moment où les cristaux sont suffisamment développés et où la sursaturation locale s'est affaiblie, ce qui correspondrait à la période d'induction observée. La formation d'un germe occasionne un appauvrissement de

---

(6) E représente l'affinité électronique de l'halogène; I le travail d'ionisation de l'alcalin; ψ_{Pol} le travail produit par la polarisation des ions due au saut électronique; Ω_{alc} et Ω_{hal} les énergies de liaison des atomes neutres.

(7) V. Arkel et Boer, *La valence et l'électrostatique*, Paris, 1936.

sursaturation dans le milieu environnant et par conséquent sa croissance est ralentie, permettant ainsi la formation d'un second germe. Toute cause, comme l'agitation mécanique ou thermique, diminuant cet appauvrissement diminue aussi la probabilité d'excitation. Par contre en empêchant la diffusion, la viscosité du milieu agit dans le sens inverse. L'action activante des cristaux de NaCl présents a été expliquée précédemment (¹).

Ainsi l'hypothèse de l'excitation de la cristalloluminescence par rencontre de deux germes à une dimension rend plausible l'explication, au moins qualitative, de tous les faits expérimentalement observés.

LITHOLOGIE. — *Sur les constituants des formations superficielles.* Note (¹) de M. **Boris Brajnikov**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Les roches de profondeur, dans la conception actuelle de leur origine magmatique, sont le résultat d'une suite continue de réactions physicochimiques, où chacun de leurs constituants caractérise un état d'équilibre déterminé, marquant une certaine étape dans l'évolution de l'ensemble. Il y a donc qualitativement une équivalence entre les constituants de ces roches.

Au contraire, les roches de surface (sauf quelques exceptions sur lesquelles je n'insisterai pas) peuvent être définies, à l'origine, comme un simple mélange, dû au hasard, de débris disparates (constituants *allotigènes*) avec une certaine proportion de matière formée *in situ* (constituants *authigènes*) (²).

Les lois physicochimiques de l'équilibre ont donc pu être appliquées à la *genèse* des roches de profondeur, mais non à celle des roches de surface. Cependant, on a pu étendre le champ d'application de ces lois à certains cas de l'*évolution* de ces roches (métamorphisme, diagénèse, altération). J'ai déjà essayé d'indiquer (³) que ces lois sont applicables à l'évolution continentale des ensembles superficiels, telle que celle des limons. D'autre part, mais avec moins de succès semble-t-il, ce raisonnement a été étendu à la partie authigène de ces formations.

Les divers constituants d'une formation superficielle ne sont équivalents

---

(¹) Séance du 9 février 1942.
(²) Termes de Kalkowsky.
(³) *Soc. Géol. Fr.*, séance du 1er décembre 1941.

ni qualitativement, ni quantitativement, quand au rôle qu'ils y peuvent jouer. On sait qu'ils se distinguent par la résistance plus ou moins grande aux agents d'*altération* naturels, et l'on a pu dresser empiriquement des listes de minéraux *stables* et *instables* ([4]). Ce degré de stabilité relatif est l'expression, à la surface de la Terre, d'une *inertie chimique* des substances vis-à-vis des changements du milieu (qu'il s'agisse de minéraux des enveloppes thermodynamiques superficielle ou profondes). La stabilité est bien une propriété spécifique de chacun de ces constituants, mais varie en fonction des conditions du *milieu* environnant. En outre, la stabilité est ici étudiée du point de vue chimique uniquement et non du point de vue physique.

Je citerai comme exemple la kaolinite et l'olivine. Le premier minéral, considéré comme stable, est du point de vue physique un corps adsorbant, foisonnant et plastique dans l'eau etc. De plus, il est décomposable par l'action de microorganismes, avec libération d'alumine ([5]). Ces propriétés ne permettent donc en aucune façon de le traiter dans un ensemble comme un constituant inerte. En revanche, l'olivine, qui est classée comme minéral instable, montre au point de vue physique une inertie comparable à celle du quartz.

Cette notion d'inertie physicochimique, considérée sous l'aspect *énergétique*, me semble importante pour la compréhension de l'*état* physique des formations et de leur *évolution*. Je distinguerai donc les *constituants inertes* et les *constituants actifs*. Les principaux facteurs définissant l'*activité* relative de chaque constituant sont :

Facteurs spécifiques : 1° constitution chimique; 2° état cristallin ou colloïde et, dans ce cas, le degré de *vieillissement*; 3° dimension et forme des particules; 4° charge électrostatique.

Facteurs du milieu : 5° composition chimique; 6° réaction (pH); 7° température; 8° organismes.

Pour ce qui est du facteur chimique, l'inertie relative des minéraux est conditionnée, dans la majorité des cas, par la présence de groupements oxygénés des éléments du troisième et du quatrième groupe du système périodique de Mendéléeff (groupements tétraédriques SiO^4 et AlO^4 ou octaédriques AlO_6, par exemple) et le mode de leur assemblage. Les éléments plus électropositifs (ou plus électronégatifs) qui relient ces groupements entre eux ou s'introduisent dans les vides créés par leur assem-

---

([4]) H. MILNER, *Sedimentary Petography*, London, 1934.

([5]) V. VERNADSKY, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 452.

blage, constituent des sortes de *points faibles*; leur élimination entraîne la destruction plus ou moins complète du réseau (décomposition).

L'influence exercée par les facteurs 2°, 3° et 4° se laisse préciser par la règle suivante : *à masse égale l'inertie de tout corps chimiquement défini varie en raison inverse de sa surface de contact avec le milieu ambiant.* Cette règle s'applique d'ailleurs à l'état cristallin et au degré de *vieillissement*, car ces changement d'état, qui tendent à des arrangements atomiques à énergie potentielle minima, peuvent être, du point de vue géométrique, considérés comme entraînant une diminution de la surface générale.

Feront donc partie, en général, des constituants actifs, les corps ionogènes (par dissociation, hydrolyse ou désorption), les colloïdes, les phyllites, la matière organique. Parmi les constituants inertes, le *quartz* domine, statistiquement, d'une manière absolue sur tous les autres.

Les méthodes dont on dispose pour définir la constitution même des roches de surface et, à plus forte raison, leur activité chimique relative laissent encore à désirer, notamment pour les constituants minéraux. Dans ce dernier cas la seule méthode *directe* est l'analyse chimique rationnelle, c'est-à-dire traitement consécutif de la substance par les réactifs de plus en plus vigoureux (par exemple : 1° HCl dilué à froid; 2° HCl à chaud; 3° SO^4H^2 à chaud). Les limites d'application de cette méthode pour déterminations spécifiques sont fixées par la règle énoncée plus haut. Pour les constituants organiques, les procédés élaborés par les pédologues (dosage de l'humus etc.) permettent beaucoup mieux de se rendre compte de l'état de transformation de cette matière.

Par contre les méthodes physiques, servant à définir l'état de la matière, sont bien plus nombreuses et précises (étude de l'adsorption, gonflement, viscosité, rigidité, conductivité électrique etc.), mais leur application systématique en lithologie n'est qu'à ses débuts (⁶); en outre leur interprétation est très difficile dans le cas des complexes naturels.

Les constituants inertes sont essentiellement d'*origine détritique*; les constituants actifs le sont pour une partie, l'autre partie étant d'origine *in situ*. Cette discrimination est capitale, car elle doit permettre de départager les *ensembles naturels détritiques* (sables, graviers, limons etc.), des *ensembles naturels mixtes* (sols continentaux et subaquatiques etc.) ou *authigènes*. Elle est surtout fondée sur la matière organique, morte ou vivante en association intime [c'est par exemple l'*algon* des vases (⁷)],

(⁶) Voir par exemple les travaux de M. Jacques Bourcart et ses collaborateurs.

(⁷) J. Bourcart, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 542.

qui introduit un facteur important, l'*énergie biogéochimique* ([8]). Mais les constituants actifs minéraux de formation *in situ* ne doivent pas être négligés, notamment lorsqu'on considère l'échelle géologique du temps.

GÉOLOGIE. — *Le Trias du Djurdjura.*
Note de M. **Alexis Lambert**, présentée par M. Charles Jacob.

A l'Akouker, dans la chaîne calcaire du Djurdjura, j'ai observé une série marine attribuable au Trias. MM. Fallot et J. Flandrin en ont fait mention dans une Note sur le Trias des Kabylies ([1]). Pour eux, l'attribution des terrains en question au Trias moyen repose sur une analogie de faciès avec le Virglorien-Ladinien de l'Espagne méridionale, ainsi que sur la présence de traces frustes pouvant être rapportées à des Myophories. Malheureusement, à l'Akouker, une structure compliquée masque les relations de ces couches avec les autres termes de la série stratigraphique locale.

De nouvelles recherches m'ont permis de préciser, dans un secteur plus occidental de la chaîne, les rapports des dépôts à faciès médio-triasique avec l'Infra-lias ([2]) et avec la série des grès rouges considérés jusqu'à maintenant comme permo-triasiques. Les observations se rapportent à la dépression de Tizi bou el Ma, à 20^{km} à l'Est-Nord-Est de Boïra, où la découverte de plusieurs horizons fossilifères fournit quelques précisions.

Dans un anticlinal, encadré par deux failles, dont la coupe est donnée par la figure, j'ai relevé, à partir du cœur du pli, la succession suivante :

A. 1° Grès rouges.
B. 2° Marnes avec calcaires à pistes, *à fucoïdes*, et traces frustes de Myophories, 30^{m}.
3° Dolomies brun marron, 20^{m}.
C. 4° Grès rouges, 40^{m}.

Rhétien.

D. 5° Grès jaunes pulvérulents à grain fin, 2^{m}.
6° Marnes bariolées, 1^{m},50 à 2^{m}.
7° Calcaires rognonneux corrodés à traces de Gastropodes, 3^{m},50.

([8]) V. Vernadsky, *L'analyse des sols du point de vue géochimique*, *Pédologie*, Moscou, 1936.

([1]) *Comptes rendus*, **210**, 1939, pp. 146 et 255.
([2]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 924 et **209** 1939, p. 44.

Hettangien.

E. 8° Calcaires gris sombre, en dalles peu épaisses, devenant rouges à leur partie supérieure. On y observe des *Montlivaultia*, 5^m.

9° Dolomie gris marron en gros bancs, 5^m.

10° Calcaires gréseux sombres admettant des intercalations de marnes sableuses, 15^m.

11° Succession de marnes gréseuses, calcaires gréseux et grès gris clair à empreintes végétales, 12^m.

12° Grès bruns, grès rouges et dolomies gréseuses, 15^m.

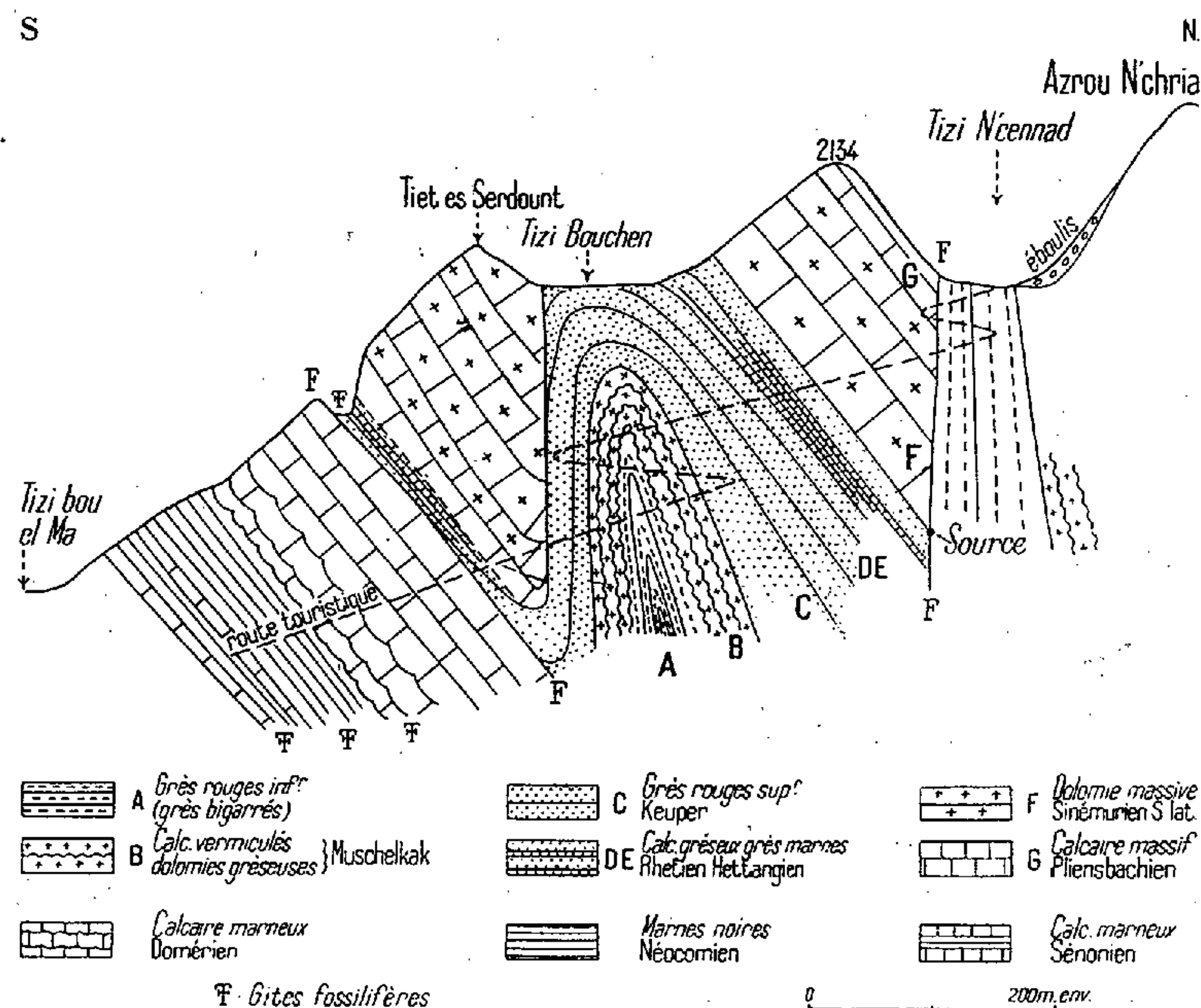
Sinémurien.

F. 13° Dolomie brune cristalline, 100^m.

Pliensbachien.

G. 14° Calcaires massifs en gros bancs.

L'attribution d'un âge virglorien-ladinien aux calcaires à pistes et dolomies du complexe B paraît tout à fait vraisemblable. Les grès rouges



inférieurs A représenteraient alors le Werfénien à faciès germanique, et les grès rouges supérieurs B, le Keuper.

A Tala Guicen, à 8^{km} à l'Ouest de cette coupe et pareillement sur le revers méridional du Djurdjura, on retrouve, au-dessus des couches ordinai-

rement rapportées au Permo-Trias, des horizons équivalents aux couches 8 à 11 de Tizi bou el Ma. Ils m'ont fourni des Gastropodes, déterminés par Mlle G. Delpey. Outre des espèces nouvelles, cette faunule comporte : *Zygopleura subnodosa* d'Orb., *Z.* (*Katosira*) cf. *corvalina* d'Orb., *Promathildia* voisine de *P. unicarinata* Quenst., du Lias, et de *P. exilis* Healy, du Rhétien, *Palaeoniso* cf. *perforata* d'Orb., formes qui la situent dans le Sinémurien ou plus probablement dans l'Hettangien.

L'échelle stratigraphique ainsi établie n'a qu'une valeur locale. Dans le Djurdjura, le Trias et le Lias offrent en effet d'importantes variations de faciès et d'épaisseur, surtout sensibles transversalement à la chaîne. Ainsi, 5^{km} au Nord de Tizi bou el Ma, dans le chaînon du Kouriet, les grès rouges inférieurs au Lias ne comportent pas d'intercalation de calcaires *à fucoïdes*, et l'Infra-Lias lui-même paraît réduit à quelques mètres. D'où la nécessité de nouvelles études sur ces variations de faciès et sur leur signification paléogéographique.

HYDROGÉOLOGIE. — *Un sondage dans le Tanezrouft.* Note de M. **Nicolas Menchikoff**, présentée par M. Charles Jacob.

Parlant du problème de l'eau dans le Tanezrouft, l'une des parties les plus désolées du Sahara ([1]), j'ai envisagé l'existence possible d'eaux souterraines qu'il y aurait grand intérêt à prospecter.

A cet effet, un premier sondage vient d'être effectué par la Compagnie Méditerranée-Niger à Bidon 5, station qui, sur la piste transsaharienne balisée du Nord au Sud depuis Reggane, se situe un peu au Sud du kilomètre 500.

Je rappelle les prévisions. Abstraction faite des terrains de surface, on devait rencontrer d'abord des couches marines, marneuses et calcaires, éocènes et sénoniennes; puis des marnes lagunaires, salées et gypseuses, attribuées au Turonien-Cénomanien. Sous ce premier complexe, doit en venir un second, principal niveau aquifère probable, correspondant aux grès continentaux albiens, ou encore au « continental intercalaire » de Conrad Kilian. Plus bas enfin se trouve le soubassement cristallin.

C'est à la suite de ces observations qu'a été entrepris le sondage indiqué. Il a été exécuté dans des conditions difficiles, en particulier parce qu'il a

([1]) *Comptes rendus*, **213**, 1939, pp. 544-546.

fallu amener en camion-citerne l'eau nécessaire à ce travail depuis Tessalit, localité située à environ 300^{km} au Sud de Bidon 5.

Le sondage a atteint 160^{m} de profondeur, et, à partir de la surface, il a traversé : de 0 à 7^{m}, du reg; de 7 à 22^{m}, du sable fin; de 22 à 124^{m}, des marnes calcaires; de 124 à 160^{m}, du gypse et des marnes gypsifères. Vers 124^{m} environ, on a rencontré une venue aquifère, dont le débit, au début de 100^{m^3}, semble s'établir à 25^{m^3} par jour.

Analysée au Laboratoire de Physique industrielle de la Faculté des Sciences d'Alger, cette eau fournit, à 180°, 14^{g} d'extrait sec par litre, comportant :

Cl.	CO^3.	SO^4.	Na.	Ca.	Mg.
4,142	0,108.	5,094	4,062	0,657	0,240

Ce sont là des ions qui rappellent ceux de l'eau de mer, mieux encore ceux des eaux de lixiviation de dépôts lagunaires. En l'occurence, il s'agit du lavage des couches gypsifères, annoncées dans la moitié inférieure du Crétacé supérieur.

Ce premier résultat du sondage de Bidon 5 est déjà intéressant. Il fournit de l'eau, il est vrai assez chargée en sels minéraux, au milieu du trajet le plus désertique du futur Méditerranée-Niger. Il va permettre, sans transport d'eaux lointaines, de poursuivre le sondage ou d'en entreprendre d'autres plus profonds. On dépassera ainsi les couches lagunaires, en vue d'atteindre les grès où on a l'espoir de trouver des eaux plus douces, retenues en nappe artésienne, dans la cuvette du Tanezrouft, sous le toit formé par le complexe des couches du Crétacé supérieur et sur le mur qui correspond au soubassement cristallin.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur la présence d'or libre dans les roches basiques du Cercle de Kaya (Haute Côte-d'Ivoire).* Note de M. **Louis Baud.**

Différents auteurs ont signalé l'existence de l'or dans des roches basiques, mais les théories qui en sont dérivées concernant l'origine de l'or ont fait l'objet de nombreuses controverses. Des prospections récentes dans le Cercle de Kaya (Haute Côte-d'Ivoire) m'ont amené à examiner un grand nombre d'échantillons de roches basiques appartenant pour la plupart à la famille des gabbros et ophites, quelques autres étant des basaltes, des gabbros basaltiques, des schistes amphiboliques.

L'or a été reconnu dans presque tous les échantillons à l'état d'*or libre amalgamable*. Quand le broyage n'était pas trop poussé, j'ai pu obtenir quelques paillettes d'une dimension supérieure à un demi-millimètre. Toutes les roches étudiées étaient parfaitement fraîches, prises en pleine masse et ne présentaient pas de traces d'altération. Beaucoup de ces roches sont fortement épidotisées; la minéralisation semble plus importante dans les roches les moins épidotisées. Le quartz est très rare et pratiquement inexistant dans ces roches. On en rencontre quelquefois en petits nids ou amygdales, de couleur jaune verdâtre qui, tout en étant légèrement aurifères le sont beaucoup moins que la roche basique.

Les roches basiques les plus riches en or renfermaient souvent de la pyrite non altérée, ce qui semble indiquer une certaine relation entre ces minéralisations. Cependant certains échantillons, ne présentant à la loupe aucune trace de pyrite, avaient d'assez fortes teneurs en or; d'autre part, des paillettes d'or libérées par le broyage présentaient des dimensions supérieures à celles des grains de pyrite. Quelques essais par fusion et coupellation ont été exécutés sur des échantillons broyés de façon à passer au tamis 80 et dont l'or libre visible avait été éliminé par amalgamation. Ces résidus ont donné parfois un pourcentage d'or appréciable, le métal précieux devant exister ou sous forme d'or combiné, ou à l'état d'inclusions excessivement fines que le broyage insuffisamment poussé n'avait pas permis de libérer.

Sur 87 échantillons examinés, la plupart pour l'or libre amalgamable, 10 se sont révélés pratiquement stériles, 19 ont des teneurs variant de 0 à $0^g,5$ à la tonne, 22 ont des teneurs de 0,5 à 1^g, 31 ont des teneurs de 1 à 6^g, 5 présentent des teneurs supérieures à 6^g à la tonne (respectivement 6,2; 8,48; 14; 20; $32^g,75$). Cette dernière teneur de $32^g,75$ est obtenue sur un échantillon de 2700^g, broyé de façon à passer au tamis 40. Au lavage, j'ai reconnu à l'œil, une quinzaine de points et petites paillettes d'or. L'amalgamation a donné un résidu de $0^g,0765$ d'or, soit une teneur de $28^g,33$ à la tonne. Par fusion et coupellation sur l'échantillon débarrassé de l'or amalgamable, j'ai obtenu une teneur de $4^g,40$ à la tonne.

Appliquant les méthodes de J. Sagatzky et R. Goloubinow [1], ainsi que de V. Goloubinow [2], j'ai examiné d'autres roches voisines pour déterminer la roche mère de l'or. La carte géologique de cette région montre une zone de schistes birrimiens plissés sur un socle granito-gneissique, qui

---

(1) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 925.
(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1075.

sont traversés par une éruption de roches basiques dans une direction sensiblement perpendiculaire à celle des plissements.

Sur 28 échantillons de granite, 14 se sont révélés stériles, 8 présentaient des teneurs en or libre amalgamable inférieures à $0^g,5$ à la tonne, 3 avaient des teneurs comprises entre $0^g,5$ et 1^g, 3 présentaient des teneurs de 1 à 2^g. Ces trois derniers échantillons étaient constitués par des granites à amphibole laminés, ces granites montrant fréquemment des mouches de pyrite dans l'amphibole.

Les schistes birrimiens sont presque tous stériles. Des arkoses schisteuses, que j'attribue provisoirement à l'étage tarkwaïen de Gold Coast, sont rarement et faiblement minéralisées.

On constate, d'après ces divers essais, que les roches basiques sont de loin les plus régulièrement et fortement minéralisées en or des roches de la région de Kaya. Le magma basique serait la source de l'or dans cette région. Les gisements détritiques dérivant de ces roches et situés à proximité, se sont révélés ordinairement moins riches en or que la roche mère. Au cours de l'altération, puis de la destruction de la roche mère, l'or doit être en partie solubilisé et entraîné fort loin dans les rivières par le courant très rapide de la saison des pluies. Des bauxites provenant de roches basiques renfermaient encore de faibles traces d'or.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'intensité du champ magnétique terrestre, en France, trois siècles avant les premières mesures directes. Application au problème de la désaimantation du globe.* Note de M. **Émile Thellier** et Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

La mesure de l'intensité du champ magnétique terrestre a été beaucoup plus tardive que la détermination de sa direction (déclinaison, puis inclinaison). Les premières mesures relatives datent de la fin du XVIIIe siècle, mais la série de mesures d'intensité commence seulement avec les mesures absolues de Gauss et Weber.

L'un de nous a proposé ([1]) une méthode pour retrouver l'intensité du champ magnétique terrestre à partir de l'aimantation thermorémanente gardée par des terres cuites; cette méthode a été vérifiée sur un lot de briques cuites en un lieu où l'intensité du champ magnétique terrestre était connue ([2]). Les résultats d'une étude plus poussée de l'aimantation thermorémanente, résultats dont quelques-uns seulement ont été

([1]) E. Thellier, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 184.
([2]) E. Thellier, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 281.

publiés ([3]), nous ont permis d'améliorer cette mesure de l'intensité du champ *fossilisé*. Depuis leur sortie du four, les briques ont subi d'incessantes variations de température qui les ont désaimantées pendant les réchauffements et réaimantées pendant les refroidissements. L'artifice suivant permet d'éliminer cette perturbation : les briques sont chauffées à une température t supérieure à toutes celles qu'elles ont atteintes postérieurement à leur cuisson et on les laisse se refroidir en champ nul; le moment magnétique d'une brique est alors celui qu'elle aurait acquis au cours de son refroidissement initial si le champ H qui existait alors avait cessé son action à partir de t. Nous avons adopté $t = 60°$. Au lieu d'utiliser pour le calcul de l'intensité H le moment magnétique brut M de la brique, comparé au moment M′ acquis par chauffage à 670° et refroidissement dans le champ actuel H′, nous utilisons les moments M_{60} et M'_{60} réduits par réchauffement à 60° et refroidissement en champ nul.

Les résultats qui suivent donnent, pour la première fois, une valeur de l'intensité du champ magnétique terrestre à une époque antérieure à toute mesure directe. Ces résultats se rapportent à une série de briques (série XI) sur laquelle l'inclinaison du champ terrestre avait déjà été déterminée ([4]); elles proviennent du Palais Rihour, à Lille, et leur date de cuisson est voisine de 1465. Dix de ces briques ont été utilisées. Le tableau qui suit contient pour chacune d'elles les moments magnétiques M, M′, M_{60} et M'_{60}, mesurés à 20° et exprimés en u. e. m. ; M″ est le moment magnétique acquis par un nouveau réchauffement à 670° analogue à celui qui a donné M′.

Numéro de la brique.	Moment initial.		Moment après-réchauffement à 670°.			
	M.	M_{60}.	M'_{60}.	M′.	M″.	$\frac{M_{60}}{M'_{60}} = \frac{H}{H'}$.
2	0,420	0,389	3,875	4,047	2,708	–
3	1,020	0,995	0,809	0,859	0,863	1,23
5	0,769	0,740	0,602	0,655	0,663	1,23
6	0,330	0,320	0,228	0,267	0,285	–
8	0,701	0,679	0,551	0,598	0,594	1,23
9	0,955	0,915	0,764	0,804	0,805	1,20
10	0,508	0,490	0,407	0,450	0,454	1,20
13	0,334	0,311	6,835	6,897	5,945	–
16	0,424	0,402	0,329	0,365	0,365	1,22
17	0,682	0,648	0,534	0,576	0,584	1,21

([3]) E. Thellier et Mme Odette Thellier, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 59; E. Thellier, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 1019.

([4]) E. Thellier, *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, 16, 1938, pp. 157-302.

1° La comparaison, pour chaque objet, des valeurs M' et M'', révèle les modifications minéralogiques que le réchauffement à 670° a pu provoquer. Ici, trois des briques : 2, 6 et 13 ont subi des variations inacceptables et doivent par suite être abandonnées.

Pour les autres, les valeurs M' et M'' sont en excellent accord, les écarts relatifs n'atteignant pas 1 % en moyenne.

2° Pour les 7 briques stables, les rapports M_{60}/M'_{60} donnent le rapport H/H' du champ ancien cherché au champ actuel (champ au voisinage du four où ont lieu les réchauffements à 670°, savoir $H' = 0,459$ gauss). La dispersion des rapports trouvés est remarquablement faible. L'intensité

$$H = 0,459 \times 1,217 = 0,56 \text{ gauss},$$

donnée par leur valeur moyenne, semble définie à 2 % près.

3° Les rapports M/M' que l'on aurait obtenus sans l'artifice des réchauffements à 60° sont plus dispersés que les précédents et systématiquement inférieurs, ce qui était à prévoir : les perturbations dues aux variations de température tendant toujours à diminuer les moments.

4° *Application.* — L.-A. Bauer, utilisant l'ensemble des mesures directes d'intensité, a conclu ([5]) que l'aimantation du globe semblait diminuer continuellement; dans son travail de 1923, il indiquait une diminution au taux annuel de 1/1500 environ durant les 80 dernières années. La plupart des géophysiciens, et L.-A. Bauer lui-même d'ailleurs, ont toujours considéré ce fait comme étonnant et dû peut-être à l'imperfection des mesures d'intensité. Or, en comparant la valeur 0,56 gauss, pour 1465, avec la valeur actuelle 0,46 gauss de cette intensité en un lieu de même inclinaison, on trouve une diminution moyenne, pour près de 5 siècles, de l'ordre de grandeur de celle donnée par L.-A. Bauer; de sorte que la probabilité d'une diminution continuelle et importante de l'aimantation terrestre, au moins au cours des derniers siècles, se trouve renforcée.

([5]) *Terr. Mag.*, 8, 1903, pp. 97-129 et 28, 1923, pp. 1-28.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Ontogénie du faisceau à structure pseudo-excentrique, ses conséquences pour la phylogénie des Gymnospermes.* Note de M. **Édouard Boureau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'application des méthodes d'investigation de l'anatomie dynamique à des milliers de jeunes plantules de la famille des Pinacées nous a permis de décrire l'ontogénie particulière de l'appareil conducteur de chaque espèce, et d'établir une comparaison entre les divers types de phyllorhizes cotylédonaires complètes :

1° *Phyllorhize à cotylédon* A. — On la trouve dans certains Pins (*Pinus palustris*, *P. insignis*, *P. maritima* etc.); la phyllorhize est simple; les vaisseaux du xylème alterne pénètrent dans le cotylédon.

2° *Phyllorhize à cotylédons* B. — On la rencontre dans certains Pins (*P. sabiniana*, *P. pinea* etc.), dans les genres *Cedrus*, *Abies*, *Larix*, *Picea*; la phyllorhize est bifide; les vaisseaux du xylème alterne ne dépassent pas le niveau de bifurcation de la phyllorhize. Ce niveau, d'ailleurs, coïncide généralement avec le niveau de séparation des phyllorhizes voisines.

3° *Phyllorhize à cotylédon* C. — On la trouve dans d'autres *Abies*, dans les *Tsuga*, *Pseudolarix*, *Sequoia*, *Libocedrus*. Les cotylédons B de la même phyllorhize regroupent leurs faisceaux libéro-ligneux. Les vaisseaux alternes centripètes disparaissent à un niveau plus bas encore dans l'hypocotyle.

On assiste dans cette suite à une régression progressive du xylène alterne, c'est-à-dire à une augmentation de l'accélération basifuge, en rapport avec le degré d'évolution des espèces. En outre, la présence de verticilles cotylédonaires mixtes d'une part, de cotylédons présentant des états intermédiaires d'autre part, fait penser à une parenté certaine des espèces. Les espèces à cotylédons A ont donné naissance aux espèces à cotylédons B, qui, elles-mêmes, sont à l'origine des espèces à cotylédons C; la composition phyllorhizaire des plantules permet d'établir une hiérarchie des espèces.

Dans la phyllorhize cotylédonaire du *Libocedrus*, le système vasculaire est primitivement constitué par un faisceau ligneux centripète. Puis les vaisseaux les plus anciens se résorbent; le faisceau forme alors un croissant à pointes externes. Des vaisseaux centrifuges se différenciant ensuite à l'endroit où existaient les premiers vaisseaux avant leur résorption, le faisceau devient tubulaire. Les anciens vaisseaux centripètes se résorbant toujours

dans leur ordre d'apparition, le faisceau prend plus tard l'aspect d'un croissant à pointes internes avec xylène centrifuge.

L'examen comparé des caules des phyllorhizes cotylédonaires de même âge appartenant aux types A (*P. palustris*), B (*Cedrus deodora*), C (*Libocedrus decurrens*) donne : le faisceau à xylème centripète dans le premier cas prend dans le second la forme d'un croissant à pointes externes avec xylème centripète. Dans le troisième cas, les pointes du croissant se rejoignent grâce à la différenciation de nouveaux éléments centrifuges et le faisceau prend une forme nettement tubulaire. A la base des cotylédons de ces mêmes plantules, l'accélération basifuge intervenant, permet, dans le premier type, d'ébaucher un croissant de xylème centripète. Chez les *Cedrus*, le xylème centripète étant résorbé, le xylème superposé différencié sur des groupes criblés forme deux groupes de vaisseaux distincts. Chez le *Libocedrus*, enfin, le faisceau ligneux perd la forme tubulaire typique car seuls les éléments centrifuges subsistent (xylème pseudo-alterne).

Le faisceau pseudo-excentrique ([1]) prend donc ici une importance capitale : toutes les phases de l'évolution vasculaire des Pinacées y sont figurées. Il n'est représenté en entier qu'au milieu de l'hypocotyle des plantules de *Libocedrus*, *Thuya* etc. Mais le plus souvent on n'en observe qu'une portion, soit que, dans les espèces primitives, il ait été incomplètement différencié, soit que, dans les espèces plus évoluées, à la suite de l'accélération basifuge plus intense, la partie la plus primitive ait disparu par résorption. On constate les transformations dues à l'accélération basifuge : 1° en observant sur des coupes faites à tous les niveaux, une plantule d'un âge quelconque, dans le sens basifuge.

2° en comparant des coupes faites au même niveau dans des plantules de la même espèce, arrêtées à tous les âges;

3° *en comparant des coupes transversales faites à des niveaux correspondants dans divers groupes de plantules de même âge, mais appartenant aux différentes espèces dont on veut vérifier la parenté.*

Quand apparaissent les premiers vaisseaux secondaires (xylème superposé indirect) dans les tiges de l'*Heterangium* et du *Lyginopteris*, les faisceaux pseudo-excentriques sont parfaitement tubulaires, alors que dans la tige du *Poroxylon Edwarsii* les faisceaux primaires ne dépassent pas la forme d'un croissant de xylème centripète ([2]).

([1]) Ed. Boureau, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 765-768.
([2]) Ed. Boureau, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 450-452.

Par cette dernière méthode de comparaison nous mettons en évidence des faits nouveaux qui confirment ce que l'ontogénie du *Libodedrus decurrens* nous avait déjà révélé. *Le faisceau à structure pseudo-excentrique n'est pas hypothétique; c'est une réalité incontestable.* Par des coupes comparées on assiste en effet, vaisseau par vaisseau, à son édification comme à sa disparition; *il appartient au deuxième cycle de l'évolution vasculaire* et comprend des vaisseaux de la disposition alterne en voie de disparition, puis des vaisseaux centrifuges de la disposition vasculaire superposée.

ZOOLOGIE. — *Sur le stade* glaucothoe *du Pagure* Clibanarius misanthropus *et sur l'établissement de la dissymétrie chez les Pagures. Comparaison avec* Glaucothoe Grimaldii. Note [1] de M. **JACQUES CARAYON**, présentée par M. Charles Pérez.

Les travaux d'Agassiz, Faxon, Sars, sur différentes glaucothoés eupaguriennes, les élevages de Millet T. Thompson [2] des stades post-larvaires d'*Eupagurus bernhardus* (L) ont montré que les glaucothoés étudiées, d'abord symétriques comme les stades antérieurs, passent ensuite, avant de se loger dans des coquilles, par une étape où la dissymétrie toujours bien manifeste est souvent presque aussi accusée que dans la forme imaginale du Pagure. Il semble en être de même pour des glaucothoés paguriennes dont des exemplaires déjà dissymétriques ont été recueillis dans le plancton. On considère donc comme générale l'acquisition précoce de la dissymétrie des Pagures par les larves avant leur introduction dans des coquilles; mais le cas que je signale ici est bien différent de ceux connus précédemment.

Le Pagure *Clibanarius misanthropus* (Risso) est commun en de nombreux points des grèves du Bassin d'Arcachon; mais ses formes très jeunes sont localisées, semble-t-il, dans une zone limitée de la côte, où, peu fréquentes pendant de longues périodes, elles apparaissent en foule à certaines époques de l'année et en particulier dans les premiers jours de septembre. En examinant à ce moment les individus les plus jeunes que l'on trouve logés dans de très petites coquilles principalement de *Bittium reticulatum* (Costa)

(1) Séance du 16 février 1942.
(2) *Proc. Boston Soc. nat. Hist.*, 31, 1904, pp. 147-209, Pl. 4-10.

ou de jeunes *Littorina rudis* (Maton), *Nassa incrassata* (Müll.), *Nassa reticulata* (L.), *Tritonalia erinaceus* (L.), j'ai constaté que nombre d'entre eux étaient encore au stade *glaucothoe*. Fait sur l'intérêt duquel M. Georges Teissier a attiré mon attention, ces glaucothoés déjà logées dans une coquille présentent encore une symétrie parfaite de l'abdomen et de ses appendices. Elles ont (*fig. A*) une longueur moyenne de $2^{mm},6$

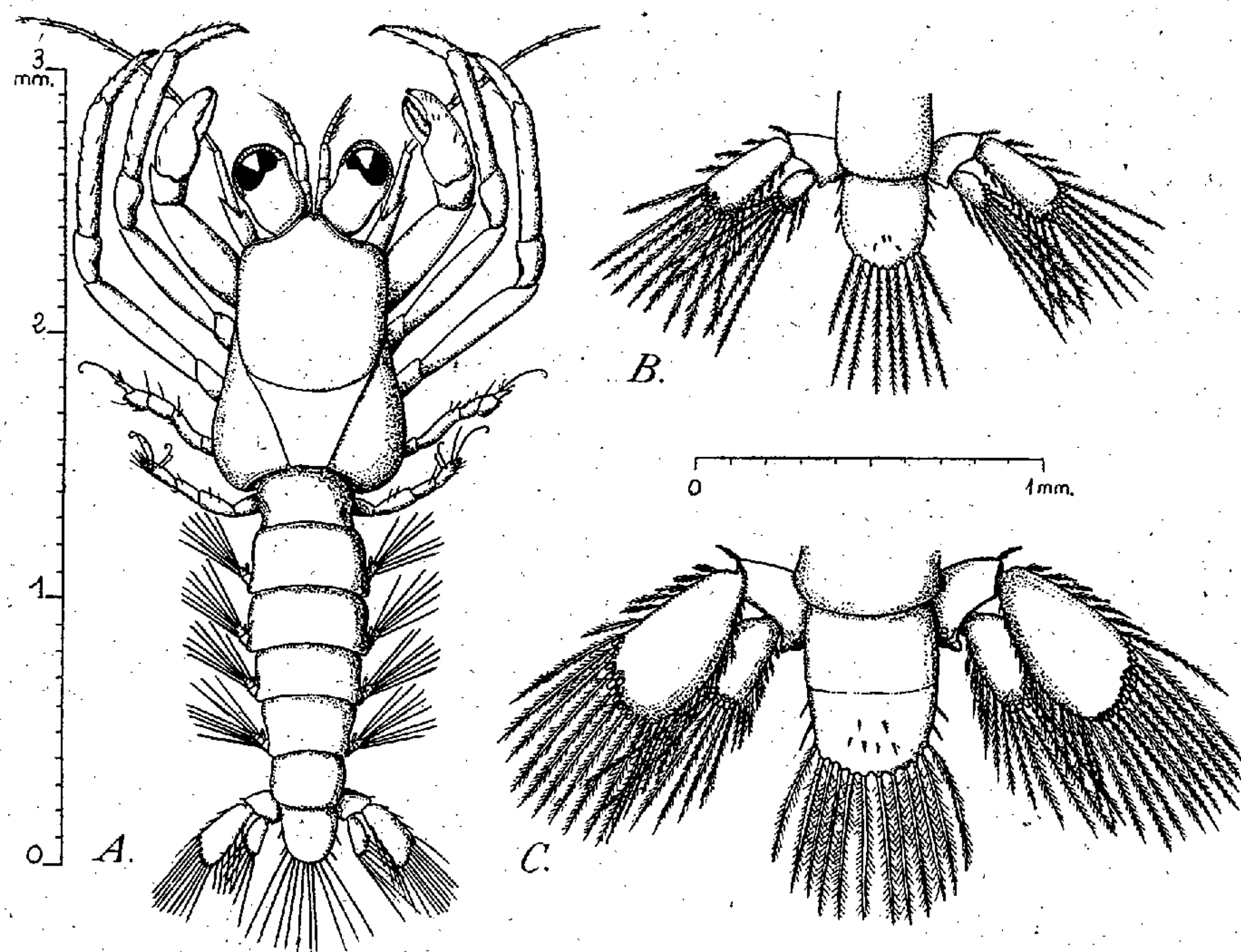


Fig. *A* : Stade glaucothoë de *Clibanarius misanthropus*, face dorsale. — Fig. *B* : les uropodes de ce stade. — Fig. *C* : les uropodes de *Glaucothoe Grimaldii* (à la même échelle).

dont $1^{mm},1$ pour le céphalothorax. Les pièces buccales, les appendices thoraciques sont identiques à ceux de la forme imaginale, mais les pédoncules oculaires, relativement plus courts et plus renflés, *n'ont pas d'écailles ophtalmiques*. L'abdomen est très différent de celui du Pagure au stade imaginal, non seulement par sa symétrie, mais encore par l'individualisation bien marquée de ses six segments et par son tégument fortement chinitisé; il porte sur chacun de ses segments, à l'exception du premier, une paire d'appendices symétriques : d'abord 4 paires de pléopodes allongés, biramés avec un endopodite court et un exopodite multi-articulé supportant 9 soies

plumeuses, ensuite la paire d'uropodes dont les exopodites et les endopodites sont également munis de soies plumeuses et pourvus d'une rangée d'écailles formant une râpe déjà bien marquée.

La mue qui ne tarde pas à se produire après l'introduction de ces glaucothoés dans les coquilles leur fait acquérir directement la dissymétrie et les caractères de la forme imaginale du Pagure.

Le genre *Glaucothoe* a été créé en 1830 par H. Milne-Edwards pour des formes voisines des Pagures mais nageuses et symétriques qui furent longtemps considérées comme espèces autonomes. A la suite principalement des travaux de E.-L. Bouvier, on y reconnaît aujourd'hui des stades larvaires de Pagure dont la vie nageuse s'est sans doute anormalement prolongée; chaque espèce de glaucothoé devant rationnellement correspondre à une espèce déterminée de Pagure. C'est ainsi que *Glaucothoe Grimaldii*, recueillie dans le plancton surtout au voisinage des Açores et étudiée par Bouvier ([3]) correspond d'après cet auteur à un Pagure de genre *Clibanarius* et probablement au *Cl. misanhropus*.

Il s'indiquait donc de comparer le stade glaucothoé certain de *Cl. misanthropus*, ci-dessus décrit, à la *Glaucothoe Grimaldii*. Les exemplaires de cette dernière espèce que nous avons examinés ont avec les glaucothoés de *Clibanarius* un très grand nombre de caractères communs : même allure générale, même nombre et même disposition des soies sur les appendices et en particulier sur les pléopodes, mais ils en diffèrent aussi par leur taille plus grande (3^{mm},5), par leur saillie rostrale plus marquée et surtout par leurs uropodes (*fig. C*) dont les rames sont plus larges et munies de soies plus nombreuses que celles des uropodes de la glaucothoé de *Cl. misanthropus* (*fig. B*). Ce mélange de caractères communs et de différences rend très vraisemblable l'interprétation de la *Glaucothoe Grimaldii* comme appartenant effectivement au *Cl. misanthropus*, mais correspondant à la prolongation de la vie nageuse d'une étape larvaire encore antérieure à celle que j'ai observée dans des coquilles à Arcachon.

([3]) *Camp. scient. du Prince Albert Ier*, 67, 1922, pp. 18-20, pl. IV.

PHYSIOLOGIE. — *Nécessité d'un équilibre quantitatif entre les principes nutritifs de la ration et la vitamine* B1. Note (1) de Mme **Lucie Randoin** et M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. Paul Portier.

En 1923-1924, L. Randoin et Simonnet (2) ont prouvé : 1° que la valeur des besoins de l'organisme en vitamines B n'est pas fixe et absolue, mais qu'elle dépend étroitement de la nature des autres principes nutritifs présents dans la ration; 2° qu'il existe notamment un rapport nécessaire vitamines B/glucides extrêmement important, toute augmentation du taux glucidique entraînant un besoin vitaminique accru, et les lipides et les protides apparaissant alors comme des aliments d'épargne.

L'étude des équilibres nécessaires entre vitamines B et apport énergétique s'est poursuivie également dans le domaine qualitatif. L. Randoin et ses collaborateurs ont déterminé la grandeur des besoins en vitamines B selon *la nature de l'aliment ternaire* (3) (lipides ou glucides), selon *la nature du glucide* (4) (sucres ou amidons), et aussi selon *la nature du sucre* (5) (glucose, lévulose, galactose, saccharose, maltose, lactose etc.). Ils en arrivèrent à formuler cette notion générale : suivant la composition de la ration, l'énergie potentielle exige, pour être utilisée, des quantités de vitamines variables, parfois même très variables; autrement dit, le rendement de chaque principe énergétique dépend d'un taux déterminé de vitamines B.

Mais voici un autre aspect quantitatif de la question : l'augmentation de l'apport vitaminique est-elle capable d'améliorer l'utilisation d'une ration insuffisante en quantité ? C'est pour résoudre ce problème que nous avons fait deux séries d'expériences en vue d'étudier les effets de l'aneurine (vitamine B1) et de l'amide nicotinique (vitamine P.P.) sur la croissance de jeunes rats, d'abord alimentés normalement, puis sous-alimentés, pesant tous, au début de l'expérience, environ 55g.

Dans chaque série, les rats ont été répartis en trois lots comprenant

---

(1) Séance du 26 janvier 1942.

(2) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 903 et 178, 1924, p. 963; *Bull. de la Soc. scientif. d'Hyg. alim.*, 11, 1923, p. 596 et 12, 1924, p. 86; *Bull. de la Soc. de Chim. biol.*, 6, 1924, p. 601.

(3) L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, 179, 1924, pp. 700 et 1219; L. Randoin, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1438.

(4) L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1068; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6, 1927, p. 340.

(5) L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 151 et 188, 1929, p. 1188; *Comptes rendus des Séances de la Soc. de Biol.*, 101, 1929, p. 355; L. Randoin et R. Milhaud, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1426.

chacun 10 sujets : le lot I (lot témoin) a reçu le régime seul; les rats du lot II ont reçu en plus, par jour, $0^{mg},1$ (100^{γ}) d'aneurine (vitamine B_1); ceux du lot III, 10^{mg} d'amide nicotinique (vitamine P.P.).

Série I. — Les 30 rats ont été soumis à un régime complet ayant la composition centésimale suivante : poudre de lait, 6; caséine, 24; dextrine, 6; sucre, 47,4; huile d'arachide, 5,3; mélange salin, 3; agar-agar, 6; extrait de levure, 2,3; vitamines A et D en solution : 1 goutte par animal et par jour.

Chaque sujet a consommé, dans un premier temps (pendant 14 jours), 10^{g} de ration, quantité largement suffisante pour assurer son développement, et, dans un second temps (pendant 30 jours), 5^{g} seulement de ration, quantité trop faible pour assurer la croissance normale.

Série II. — Meilleur que le précédent, le régime de base était ainsi composé : caséine, 25; dextrine, 6,3; sucre, 50; huile d'arachide, 6,3; extrait de levure, 2,5; mélange salin, 3,7; agar-agar, 6,2; huile de foie de morue, 2 gouttes.

Ici les 30 rats ont reçu les 10^{g} de ration pendant 20 jours et les 5^{g} de ration pendant 30 jours.

Résultats. — Les deux séries d'expériences ont donné des résultats tout à fait comparables : pendant l'alimentation normale, les courbes de développement, les gains de poids ont été sensiblement les mêmes dans les trois lots; pendant la sous-alimentation, la croissance, évidemment ralentie dans les trois lots, a cependant été, dans les lots I et III, bien meilleure que dans le lot II qui recevait la vitamine B1. Les gains de poids moyens ont été pour la première série

Lot.............	I.	II.	III.
Du 1er au 14e jour	27^{g}	26^{g}	$26^{g},3$
» 14e » 44e »	15	6,5	13,5

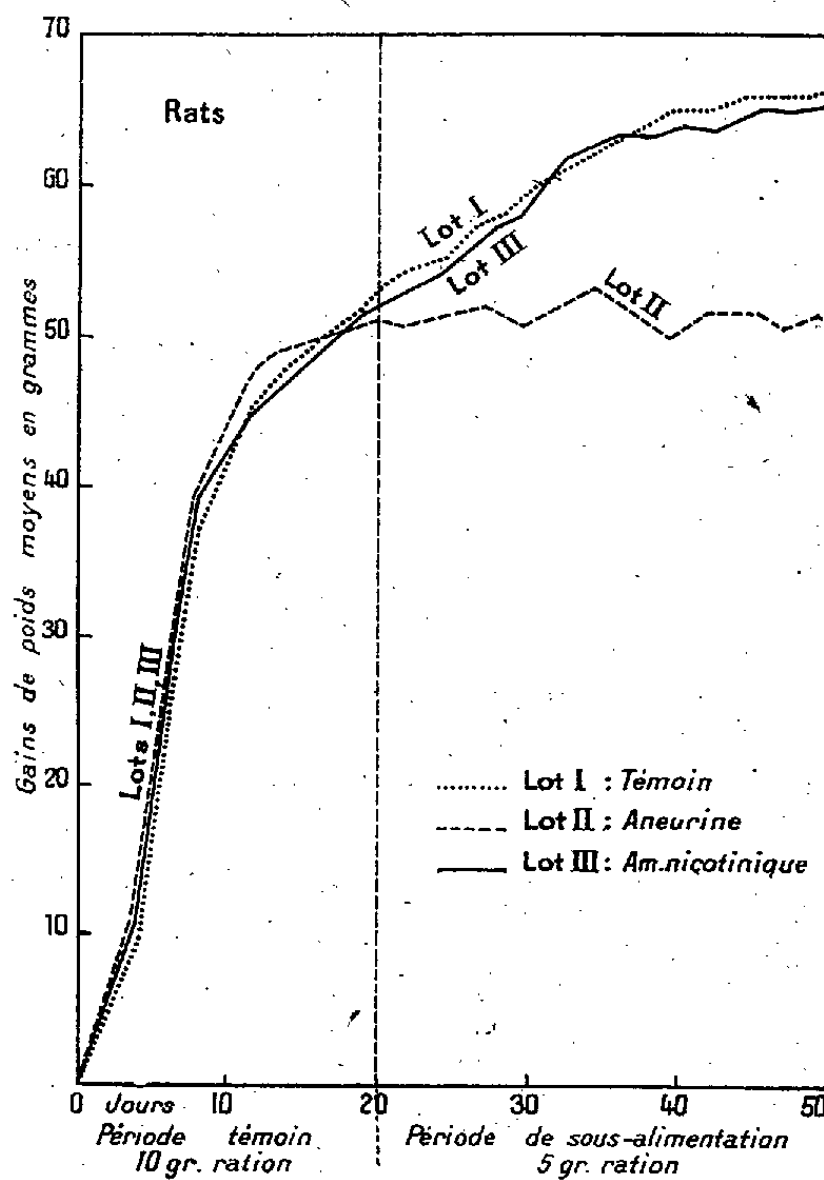
Le graphique ci-après met en évidence les résultats de la seconde série d'expériences.

Conclusion. — Dans les conditions où nous nous sommes placés, l'amide nicotinique ne semble pas avoir d'action sur le métabolisme général, ce qui peut s'expliquer par le fait que le Rat n'aurait pas besoin de vitamine P. P.

Si l'on ajoute un excès de vitamine B1 à une alimentation complète, bien équilibrée et énergétiquement suffisante, cette addition ne produit aucun effet défavorable, mais il n'en est plus ainsi si cette même alimentation devient énergiquement insuffisante; l'addition d'un excès

d'aneurine, loin d'en améliorer l'utilisation, a une action nettement nuisible et augmente par conséquent les perturbations dues à la sous-alimentation. Alors qu'il n'existe pas d'hypervitaminose B1 chez l'animal bien nourri, un excès d'aneurine serait funeste au sujet trop peu alimenté.

Il était d'ailleurs facile de prévoir qu'un catalyseur d'oxydation, tel que



la vitamine B1, ne pourrait qu'augmenter les combustions et, par là-même, les dépenses de l'organisme.

La conclusion pratique de ces expériences se trouve déjà dans cette phrase publiée récemment par l'un de nous : « Absorber quelques vitamines tous les jours ou à intervalles réguliers ne suffit pas à résoudre le problème de l'alimentation » (6). Après ces nouvelles recherches, il

(6) L. Randoin, *Les équilibres alimentaires. Les aliments de remplacement.* (*Publication du Centre de Perfectionnement technique*, 1941, p. 10; Centre de Documentation chimique, Paris, et *Bull. de la Soc. scientif. d'Hyg. alim.*, 29, 1941, p. 130.)

nous est permis d'ajouter : « Un usage intensif de vitamines possédant une action *activante* ne peut que renforcer les méfaits de la sous-alimentation ».

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés des films mixtes lipoprotéiques formés à partir de sérum-albumine.* Note (¹) de M. **Edmond Saïas**, présentée par M. Aimé Cotton.

Schulman et Rideal (²) ont montré que l'association de certaines macromolécules, irréalisable en phase homogène, devenait possible lorsque les molécules étaient orientées aux interfaces; ils ont mis en évidence, parmi de nombreuses autres, les associations gliadine-cholestérol et gliadine-oléate de sodium. Ces complexes sont à rapprocher des cénapses de Macheboeuf (³).

Nous avons repris cette étude sur une protéine animale, la sérum-albumine humaine, étalée en couches monomoléculaires suivant le procédé de Ställberg et Theorell (⁴). A l'interface eau-air, les interactions avec des composés lipidiques ont été suivies par des mesures de tension superficielle, de pression superficielle du film et de potentiel de surface.

Les phénomènes observés sont de trois types :

Premier type, association cholestérol-sérum-albumine. — Les expériences sont faites à la surface d'une solution aqueuse tamponnée au pH 7,2. L'introduction du cholestérol dans le film protéique augmente régulièrement l'aire de l'albumine, en même temps que le potentiel final ΔV_m du film mixte évolue vers celui du film de cholestérol pur. Lorsque la concentration en cholestérol n'est pas trop faible, le film protéique, qui est initialement un *gel*, se *liquéfie* pour une pression supérieure à 20 dynes/cm environ. Quand ils contiennent plus de 20 % de cholestérol, les films sont constamment *liquides* et, aux fortes concentrations ($>$ 40 %), la stabilité sous forte pression diminue beaucoup.

Le film mixte à 20 % de cholestérol se présente sous *trois* états diffé-

---

(¹) Séance du 16 février 1942.
(²) *Proc. Roy. Soc.*, B, 122, 1937, p. 29.
(³) *État des lipides dans la matière vivante,* Paris, 1936.
(⁴) *Trans. Faraday Soc.*, 35, 1939, p. 1413.

rents, selon la valeur de la pression : aux basses pressions le film est *liquide*; pour une pression de 5,9 dynes l'état de *gel* apparaît, qui persiste jusqu'à 20 dynes. Au-dessus, le film redevient *liquide*. Ces changements d'aspect ne se traduisent par *aucun point singulier* dans les courbes pression-surface et potentiel-surface.

La *liquéfaction* à haute pression est due à l'éjection de la protéine *sous* le film de cholestérol; les liaisons lipoprotéiques subsistent toujours : en effet, il suffit de diminuer la pression pour voir le *gel* réapparaître. Le film *liquéfié* est un film *double*, formé d'une couche de molécules de cholestérol ancrées à des groupements spécifiques de la couche monomoléculaire *sous-jacente* de sérum-albumine. Ce film à 20 % présente une stabilité particulière, si l'on considère à la fois la pression à laquelle on doit le soumettre pour obtenir la *liquéfaction* et la concentration en cholestérol relativement grande en ce point.

Par introduction de la sérum-albumine, à la concentration de 10^{-5}, *sous* un film de cholestérol, on n'observe une pénétration de la couche que si la concentration superficielle du stérol est inférieure à celle qui correspondrait au point de *liquéfaction* du film lipoprotéique. Le film mixte qui se forme contient encore 20 % de cholestérol, ainsi que le montre sa courbe de compression; il présente aussi le phénomène de la *liquéfaction*.

A pH 7,2 il existe donc une association cholestérol-sérum-albumine remarquable, dans un rapport pondéral voisin de 1/4, l'union du stérol à l'albumine se faisant essentiellement par interaction des groupes polaires; les forces de van der Waals entre parties hydrophobes des molécules jouent vraisemblablement un rôle faible ou nul.

Deuxième type, action du digitonoside sur les couches superficielles de protéine et les films mixtes cholestérol-sérum-albumine. — Le digitonoside, à la concentration de 10^{-5}, pénètre fortement les films de cholestérol, et légèrement ceux de sérum-albumine pour donner un complexe glucidoprotéique; l'état du film protéique change : il devient *liquide*.

La pénétration par le digitonoside des films mixtes cholestérol-sérum-albumine est importante, sauf aux pressions où le film est *liquide*. L'action du digitonoside paraît porter surtout sur les molécules de cholestérol et les films ne changent pas d'aspect. Il se formerait un complexe triple glucido-lipo-protéique où les trois espèces moléculaires seraient unies par des forces de van der Waals. Cette pénétration et l'augmentation concomitante de l'aire fournissent une explication du pouvoir hémolytique du digitonoside.

Si le film est comprimé au-dessus de son point de liquéfaction, l'injection du digitonoside n'affecte pas la pression, mais augmente le potentiel de 100 mV, ce qui traduit un phénomène d'adsorption intense; simultanément le film *liquide* se transforme en *gel.* La sérum-albumine, couche inférieure du film double cholestérol-protéine, forme ici un écran empêchant les molécules du digitonoside d'exercer leur effet ordinaire sur le cholestérol.

Troisième type, association acide ricinoléique-sérum-albumine. — L'injection de ricinoléate de Li à la concentration de 10^{-6} sous une couche monomoléculaire de sérum-albumine, étalée sur une solution de pH 7,4, disperse le film protéique sous forme d'un complexe acide ricinoléique-sérum-albumine, trop soluble pour former un film stable, mais cependant tensioactif : l'abaissement de tension superficielle de la solution, après dispersion du film, est supérieur à celui d'une solution de ricinoléate Li à la même concentration et à la pression initiale du film de sérum-albumine. Ceci permet de rapprocher ce complexe lipoprotéique des films de pénétration, d'où l'hypothèse d'association par forces de van der Waals.

Ce phénomène de dispersion est analogue au phénomène d'adsorption de Lecomte du Noüy ([5]).

Enfin les couches monomoléculaires mixtes de sérum-albumine et d'acide ricinoléique en proportions croissantes montrent la disparition progressive de la protéine, suggérant qu'un rapport stœchiométrique pourrait exister dans la phase dispersée.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

([5]) *Équilibres superficiels des solutions colloïdales,* Paris, 1929.

ERRATA.

(Séance du 8 décembre 1941.)

Note de M. *A. Argence*, Sur une dégénérescence des fonctions d'Appell :

Page 817, ligne 1 en remontant, *au lieu de*

$$U_i = e^{-(\lambda_2+\lambda_3+\ldots\lambda_n)} P_i(\lambda_2\varphi_2, \lambda_3\varphi_3, \ldots, \lambda_n\varphi_n),$$

lire

$$U_i = e^{-(\lambda_2+\lambda_3+\ldots\lambda_n)\varphi_1} P_i(\lambda_2\varphi_2, \lambda_3\varphi_3, \ldots, \lambda_n\varphi_n).$$

Page 819, ligne 4, *au lieu de* $w = -\xi + \eta - \xi$, *lire* $w = -\xi + \eta - \zeta$.

Page 820, ligne 4, *au lieu de*

$$\Delta_{n,p}U = 0 \qquad \text{où} \quad \Delta_{n.p}U = \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_p} & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_{p-1}} & . & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_p} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & . & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_p} & 0 & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_1} & \cdots & . \end{vmatrix}$$

lire

$$\Delta_{n,p}U = \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial x_p}{\partial} & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_{p-1}} & \frac{\partial}{\partial x_p} & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & & 0 & 0 & & \cdots & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_1} \end{vmatrix} U.$$

(Séance du 1er février 1942.)

Note de M. *Jean Rösch*, Étude analytique des mouvements oculaires normaux :

Page 285, ligne 29, *au lieu de* les courbes, équi-pivotement, *lire* les courbes équi-pivotement.

Page 286, ligne 30, *au lieu de* couple de valeur, *lire* couple de valeurs.

Page 287, ligne 8, *au lieu de* innervation, *lire* excitation.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 MARS 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur FRANÇOIS-XAVIER LESBRE,
par M. **GUSTAVE MOUSSU** (¹).

Le professeur **FRANÇOIS-XAVIER LESBRE**, ancien Directeur de l'École nationale Vétérinaire de Lyon, vient de mourir le 26 janvier 1942, à l'âge de 84 ans. Né à Ébreuil (Allier), le 12 mars 1858, Lesbre s'était intéressé dès son enfance aux choses de l'Agriculture et surtout aux questions de l'élevage des animaux domestiques; ce qui, sans doute, orienta le choix de sa carrière lorsqu'il lui fallut prendre une décision à ce sujet.

La profession de vétérinaire lui parut répondre à ses aspirations, et c'est ainsi qu'il entra à l'École nationale Vétérinaire de Lyon, pour en sortir diplômé en 1879. Son passage à l'École, son travail dans les différents services de l'enseignement, son séjour plus ou moins prolongé dans les multiples laboratoires lui ouvrirent des horizons nouveaux sur son avenir, pour préciser ses goûts et ses préférences. Bien vite, il se sentit attiré par l'enseignement.

La connaissance approfondie de l'Anatomie, point de départ indispensable à toute étude médicale complémentaire, l'attrait des recherches de Physiologie générale accaparèrent tout son esprit. Délaissant dès lors les perspectives d'une profession qu'il avait le droit d'espérer agréable et fructueuse après de brillantes études, il préféra, d'instinct, les satisfactions

(¹) Séance du 23 février 1942.

intimes qu'il se promettait de recueillir dans le silence du laboratoire par un travail purement personnel. C'est ainsi qu'il se voua à l'enseignement, en choisissant l'Anatomie comme spécialisation de prédilection.

Travailleur aussi consciencieux qu'assidu, Lesbre ne pouvait manquer de conquérir rapidement une réputation méritée. Élève de deux grands maîtres anatomistes de l'époque, Chauveau et Arloing, connus en tous pays, Lesbre devint bien vite leur collaborateur précieux pour la réédition et la mise au point d'un magistral *Traité d'Anatomie comparée des animaux domestiques* longtemps resté classique.

Plus tard il apporta, seul, à ce Traité des compléments remarquables, nombreux et précis en matière d'Anatomie comparée surtout, sur de multiples points restés par trop sommaires dans les publications de ses prédécesseurs. Ce qui suffit à démontrer que, dans une science aussi stable que l'Anatomie, il y a toujours du nouveau, non à découvrir peut-être, mais à mettre en relief selon le point de vue auquel on se place.

Lesbre sut toute sa vie garder l'enthousiasme de ses débuts pour les études de son choix; à la veille de sa retraite, il restait aussi assidu dans son labeur qu'au temps de sa nomination comme préparateur. Il sut toujours, d'ailleurs, bénéficier des occasions qui se présentaient à lui de faire des incursions dans les variantes de l'Anatomie normale : C'est ainsi qu'il devint un tératologiste éminent, grâce à l'étude morphologique et anatomique de nombreux échantillons de monstruosités animales, envoyés chaque année dans les différents services des Écoles, par les vétérinaires praticiens-accoucheurs des différentes régions d'élevage. Il a publié un *Traité de Tératologie de l'homme et des animaux domestiques*, complétant les ouvrages de Geoffroy Saint-Hilaire et de Dareste. Ce Traité fait toujours autorité en la matière.

En collaboration avec Cornevin, zootechnicien émérite, il a élaboré un *Traité de l'âge des animaux domestiques*. Cet âge des animaux se reconnaît, chacun le sait, aux caractères variables de la dentition de ces animaux suivant les périodes de la vie, ainsi qu'à quelques caractères secondaires complémentaires, moins facilement appréciables.

Trop copieux pour pouvoir être toujours consulté de façon courante en toute circonstance, cet ouvrage reste fort précieux dans le cas d'incertitude, parce que, largement et solidement documenté, il permet d'y aller puiser des précisions que l'on ne trouve que là.

Il fut une époque où, dans la vie courante, le cheval-moteur était roi. Le maintien de son intégrité mécanique était une nécessité de première urgence.

Pour favoriser ce maintien, et aussi pour faciliter la tâche des spécialistes en matière hippique, Lesbre, en collaboration avec Peuch, écrivit un *Précis d'anatomie du pied du cheval et de sa ferrure*, fort utile et fort apprécié. Les choses ont changé, le moteur industriel s'est imposé là où le cheval était maître, mais l'ouvrage sus-indiqué n'a rien perdu de son intérêt scientifique ni pratique.

L'activité scientifique de Lesbre ne s'est jamais démentie; on en trouve les éléments dans bon nombre d'articles parus dans les *Archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon*, dans le *Bulletin des Sciences vétérinaires de Lyon* et dans les journaux professionnels vétérinaires. Sans vouloir y insister plus qu'il ne convient, il en est qui, par leur intérêt et leur importance, méritent d'être cités : 1° *Les applications pratiques de l'anatomie à l'inspection des viandes de boucherie*, dont il est facile de concevoir tout l'intérêt pour les précisions à apporter lors de saisies partielles ou totales de viandes destinées à la consommation, dans les abattoirs et marchés.

2° L'*Anatomie des Camélidés*, travail paru dans le tome VIII des *Archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon*, illustré de 116 figures originales. On serait tenté de prime abord de considérer ce travail comme d'Anatomie comparée pure et simple; en réalité il est beaucoup plus que cela, parce qu'il est exceptionnellement précieux pour les vétérinaires des régions sahariennes et d'Afrique Occidentale. Les Camélidés (Dromadaires et Chameaux) sont les véritables animaux domestiques de ces régions. Ils servent de montures pour les déplacements à grandes distances, sont utilisés pour le travail et les transports, là où nos animaux de France ne peuvent vivre, fournissent la viande, le lait, les cuirs, le poil, la laine, représentent en somme les auxiliaires les plus précieux de la colonisation agricole; de ce fait ils se trouvent exposés aux accidents et maladies tout comme nos moteurs animés agricoles et par suite méritent la protection de ceux qui les utilisent. Le travail de Lesbre constitue la base la plus solide de toute étude ultérieure de pathologie caméline, car il y a aujourd'hui une pathologie spéciale des Camélidés, tout comme il y en a une des Équidés et des Bovidés.

Dans le tome XVIII des *Comptes rendus de la Société des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Lyon*, Lesbre a publié un travail très documenté sur *les Hybrides et l'Hybridation dans le règne animal*, travail pour lequel il était tout spécialement qualifié après des *Recherches d'Anatomie comparée sur les Ovins et Caprins, avec application à l'étude des Chabins × Mouflons* (1892); des recherches de même ordre chez les Lapins et les Lièvres, avec application à l'étude des Léporides (1892).

Il a élaboré enfin et figuré une excellente anatomie descriptive du Porc-épic.

Si parfait anatomiste qu'il fût, et à cause de cela même, il se trouva entraîné à collaborer à quelques recherches de physiologie expérimentale : avec le professeur Maignon, il fit, dans ce domaine, une *Contribution à l'étude du rôle physiologique des nerfs pneumogastrique et spinal*, travail qui leur valut partie du prix Montyon en 1908.

La Section d'Anatomie et Zoologie lui décerna, en 1935, le prix Cuvier, qui est généralement considéré, ainsi que le fit remarquer Ch. Gravier comme le couronnement d'une belle carrière scientifique; il fut élu Correspondant en 1937.

Ce qui revient à dire que François-Xavier Lesbre, dans une spécialisation en apparence un peu ingrate, sut se révéler et se montrer toujours un bon ouvrier de la Science française.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'existence d'une toxine nouvelle, autolabile et hyperlabile, sécrétée par le Bacille de la fièvre typhoïde.* Note de M. **Hyacinthe Vincent**.

Les résultats des présentes recherches ne concordent pas avec les notions actuellement admises dans le domaine bactériologique et pathogénique de la fièvre typhoïde. Ils aboutissent, en effet, à la conclusion que cette maladie n'est pas une septicémie vraie, mais une infection essentiellement toxigène et que, d'autre part, le Bacille typhique sécrète deux toxines, l'une, déjà connue, à propriétés entérotropes; l'autre, jusqu'ici non décrite et non définie, qui joue cependant un rôle fondamental dans la symptomatologie, la marche et le pronostic de cette affection.

Cette toxine nouvelle ne m'a jamais paru nettement présente dans les milieux de culture usuels ensemencés avec le Bacille typhique. Elle nécessite, pour être mise en évidence, des conditions spéciales de développement du Bacille *in vivo*, conditions qui se rapprochent ainsi de celles que trouve le Microbe dans l'organisme humain. Encore est-il que, même lorsqu'elles sont réalisées, la toxine est parfois irrégulière dans son apparition ou inconstante dans son activité, en particulier suivant la souche d'où elle provient. La raison en est que la fièvre typhoïde est une maladie exclusivement humaine, et que l'animal est à peu près réfractaire à son agent infectieux, d'où la difficulté de produire et d'isoler cette toxine.

En conséquence les souches microbiennes devant servir aux expériences

qui vont suivre doivent être préalablement éprouvées, sélectionnées et rigoureusement expérimentées chez l'animal.

La toxine dont il va être question est très instable et très labile, ce qui explique aussi, sans doute, pourquoi elle a échappé jusqu'ici aux observateurs. Mais, par contre, chez l'Homme malade, elle traduit son action spéciale et ses propriétés par les symptômes nerveux caractéristiques de stupeur, qui ont fait donner à cette infection l'épithète significative de *typhoïde*.

A ses effets particulièrement nocifs s'ajoutent, chez les malades, ceux d'une autre toxine étudiée par divers auteurs, et qu'il est facile de déceler dans les cultures en milieu liquide. Les excellentes recherches de J. Reilly, E. Rivalier, C. Launay et V. Stéfanesco ([1]) ont démontré que cette dernière manifeste électivement son action sur l'intestin, les ganglions mésentériques et les plaques de Peyer. Elle est donc essentiellement *entérotrope*.

La toxine qui va être étudiée ici est, au contraire, exclusivement *neurotrope* et se distingue de la précédente par un ensemble d'autres propriétés biologiques et spécifiques. Certaines races bacillaires en sont plus particulièrement productrices.

On s'est adressé à des bacilles provenant du sang ou de la rate de malades très graves, de préférence atteints de symptômes nerveux. L'ensemencement est fait aussitôt dans le bouillon de bœuf récemment préparé, de pH 7,6 ([2]). Le milieu ensemencé est inclus en sac de collodion, qu'on introduit dans l'abdomen du cobaye de 300^{g} environ. Après quatre jours, le sac est retiré et l'on fait ainsi subir à la culture, sans interruption et sans autre intermédiaire, cinq à dix passages directs et successifs de même durée. On vérifie (comme il va être dit ci-après) la toxicité des cultures étiquetées E^1, E^2, E^3 etc., jusqu'à constatation de leur pouvoir maximum neurotrope. On élimine les souches qui donnent une toxine à caractère entérotrope.

Il importe de souligner que, pour être valable, le contenu des sacs, surtout à partir de E^3, doit être d'*apparence laiteuse*, *très trouble*, *très épais*. Toute culture qui n'offre pas cet aspect doit être rejetée.

C'est surtout à partir du 3e ou du 4e passage que la toxicité particulière

---

([1]) *Annales de Médecine*, 33, IV et V, 1933, pp. 388 et 433.

([2]) Le Bacille cultivé dans le bouillon doit fournir à l'étuve une culture précoce et très abondante. Les peptones actuelles du commerce donnent un milieu défavorable.

de la culture en sac commence à s'affirmer ([3]). La richesse en toxine spéciale varie, d'ailleurs, suivant la souche. En vue de la contrôler, on filtre *immédiatement* ou, de préférence, on centrifuge la culture ([4]) et l'on injecte *aussitôt après* V, X et XX gouttes du produit dans le péritoine de cobayes pesant 250^g.

Les injections sont renouvelées chaque fois, aux mêmes doses, et à trois autres cobayes de même poids, après 30 minutes, puis après 1 heure; enfin après 2 heures, 6 à 8 heures, 24 heures.

Les résultats ont été les suivants. Les cobayes inoculés avec la toxine récente ou après 30 minutes et, presque toujours, ceux à qui elle a été injectée après 1 heure, tombent, quelques heures après, dans une torpeur de plus en plus profonde; certains sont littéralement aplatis sur le ventre, les quatre membres étalés. Réflexes sensitifs faibles ou nuls, réflexe conjonctival plus persistant. Si on les couche sur le côté; ils demeurent souvent dans cette position jusqu'à leur mort, qui survient en 8 à 18 heures.

A l'autopsie, aucune lésion de l'intestin. Liquide péritonéal dépourvu de leucocytes et sans bacilles ou avec bacilles extrêmement rares. La mort est due à une intoxication aiguë ou suraiguë du système nerveux central par la toxine neurotrope typhogène du bacille d'Eberth.

Fait remarquable, l'activité de celle-ci s'affaiblit rapidement avec le temps : 2 heures après sa récolte elle a perdu une grande partie de son pouvoir. Après 6 heures et, *a fortiori* après 24 heures, la toxicité devient à peu près ou tout à fait nulle; les animaux injectés survivent.

Dans les mêmes conditions d'expériences, la toxine *récente* a tué la souris à la dose d'une à deux gouttes dans le péritoine. Six gouttes d'une toxine E^7, injectées dans la veine d'un jeune lapin de 1180^g, l'ont fait périr en 8 heures. Un autre lapin de 1500^g, ayant reçu dans la veine 1$^{cm^3}$ d'une toxine E^{11} provenant d'une autre souche, est mort, en quelque sorte foudroyé, en 8 heures. Un fort lapin de 2^{kg},700, à qui on a injecté 1$^{cm^3}$ d'une autre toxine E^9, a succombé en 21 heures, dans la torpeur absolue, etc.

L'injection d'une à deux gouttes de toxine dans le cerveau du lapin tue celui-ci en 3 à 8 heures, dans le coma.

([3]) Certaines cultures en sac, très toxiques, ont parfois perdu brusquement leur toxicité après un nouveau passage.

([4]) En raison de la labilité rapide de la toxine typhoïdique, le liquide centrifugé est plus actif que le filtrat (celui-ci est d'ailleurs actif). L'inoculation du premier n'est pas suivie de la multiplication du Bacille.

La culture en sac est légèrement albumineuse, par endosmose des protéines vivantes du liquide péritonéal.

D'autre part, les cobayes, porteurs de sac à culture toxique renforcée par plusieurs passages en série, meurent eux-mêmes assez souvent par intoxication due à la toxine issue par exosmose des parois du sac.

Dans ces divers cas, il n'existe pas de lésions macroscopiques ou microscopiques du cerveau des animaux. Je rappelle qu'il en est de même chez l'homme mort de fièvre typhoïde (5).

Il convient de signaler un dernier fait intéressant. Au delà du cinquième ou sixième jour de la culture du Bacille typhique en sac, la toxine neurotrope et typhogène s'atténue progressivement ou disparaît. Par contre la toxine entérotrope, d'apparition plus tardive, obtenue par filtration, manifeste alors son pouvoir pathogène propre et le conserve pendant deux semaines ou davantage. L'indépendance des deux toxines, la première labile, à détermination nerveuse, la deuxième stabile, à localisation intestinale, hépatique et surrénale, est donc ainsi vérifiée.

Je ferai connaître les résultats d'autres expériences qui confirment l'individualité biologique et pathogène de la neurotoxine typhoïdique.

GÉODÉSIE. — *Carte gravimétrique de la moitié nord des Alpes françaises et des régions voisines.* Note (1) de M. **Pierre Lejay**.

Sur la carte ci-après ont été reportées les anomalies de Bouguer par rapport à l'ellipsoïde international. L'examen de cette carte conduit aux remarques suivantes :

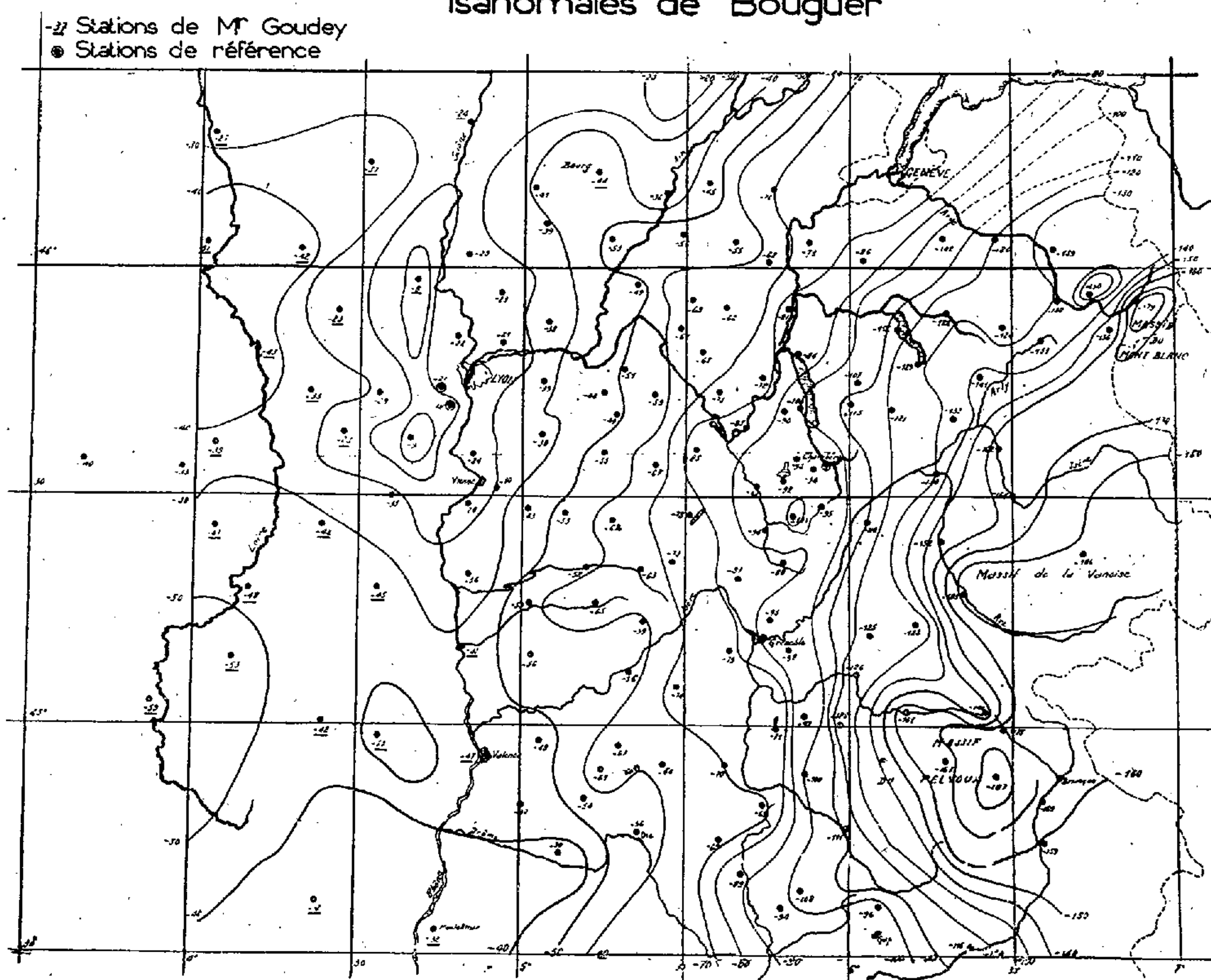
Le maximum des anomalies, en valeur absolue, coïncide avec la ligne de crête des principaux massifs cristallins. Les fortes anomalies négatives du Pelvoux, de la Vanoise et du Mont-Blanc qui atteignent — 180 milligals sont, il est vrai, à réduire, du fait des corrections topographiques qui n'ont pas été appliquées; une appréciation grossière de celles-ci conduit, pour les trois massifs, à une valeur de l'ordre de — 140 milligals. Ces anomalies diminuent très rapidement sur le versant italien; les valeurs obtenues dans la haute vallée de la Durance montrent déjà nettement que le maximum est situé plus à l'Ouest, au cœur même du Pelvoux. Vers

(5) De nombreux auteurs ont vérifié cette absence de lésions du cerveau chez les typhoïsants. On n'observe de la congestion plus ou moins notable que dans les cas d'infection associée (Streptocoque, *B. coli* etc.) (H. Vincent).

(1) Séance du 16 février 1942.

l'Ouest ou le Nord-Ouest, la décroissance est moins rapide; elle est, sauf quelques accidents sur lesquels nous reviendrons, régulière : les isanomales forment, en général, des arcs réguliers parallèles à la chaîne. Cette décroissance régulière nous permet de localiser en profondeur les masses

Carte gravimétrique de la région des Alpes
Isanomales de Bouguer



de compensation isostatique subalpines. Il est facile de démontrer, en effet, que des couches homogènes horizontales de grande longueur sont inscrites dans un cylindre dont l'axe est situé sur la surface du sol dans le plan vertical de l'axe des couches et dont le rayon est égal à la distance, mesurée sur le sol, qui sépare l'axe des anomalies maxima de l'axe où les anomalies sont moitié de ce maximum ([2]).

([2]) P. Lejay, *Mesures de gravité dans le Sud de la France* (*Comité national de Géodésie et Géophysique*, Paris, 1941).

En appliquant ce théorème au cas présent, le rayon du cylindre contenant les masses de compensation des Alpes est de l'ordre de 80 km. La profondeur de la compensation est donc inférieure à 80 km. Une profondeur de 110 km. généralement acceptée dans d'autres régions entraînerait des anomalies de l'ordre de —50 ou —60 milligals à la distance de Lyon, alors que les anomalies réellement constatées sont de l'ordre de —20 milligals.

La décroissance abrupte du versant italien ne peut s'expliquer que par la présence d'une muraille verticale de forte densité et de grande profondeur; les roches éruptives qui se rencontrent sur ce versant reposent donc sur un socle étroit et nous sommes ainsi conduit à un schéma général semblable à celui que, par d'autres considérations, Jean Jung a établi [*Géologie profonde de la France* (*Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*)].

Parmi les particularités de la région des pré-Alpes, signalons le saillant d'anomalies négatives qui entoure l'extrême pointe sud de Vercors et de la Forêt de Lente et le saillant qui couvre une vaste étendue à l'Ouest de Chambéry, jusqu'au voisinage de La-Tour-du-Pin. Les isanomales présentent, dans la plaine au Sud-Est de Lyon, une régularité remarquable, à peine troublée par des accidents locaux de quelques milligals seulement. Plus au Nord, au contraire, on remarque une vaste extension des anomalies négatives qui s'étendent sur les Dombes et la Bresse, au delà de Bourg, et qui doivent correspondre à une épaisseur assez grande des couches sédimentaires de relativement faible densité.

Toute la vallée du Rhône, au Nord de Valence jusqu'à Lyon, coïncide avec la ligne des maxima de la gravité. Les isanomales forment un V dont la pointe est en général exactement sur le Rhône, sauf aux environs immédiats de Lyon, où l'influence des Monts du Lyonnais se fait sentir par un accroissement notable de la pesanteur; ce maximum qui leur correspond s'explique aisément par la présence des minéraux lourds (Mines de Saint-Bel), mais il est intéressant de constater que leur axe se prolonge vers le Nord jusqu'au delà de Villefranche. La présence d'une crête de roches dures, s'élevant sous la couche sédimentaire jusqu'à une profondeur de quelques kilomètres au maximum, est très probable dans cette région.

CORRESPONDANCE.

MM. **Junior Gauzit**, **Maurice Rose**, **Charles Sadron** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur l'arithmétique des quaternions.* Note (¹) de M. **Gaston Benneton**, présentée par M. Paul Montel.

Nous prendrons comme définition : un quaternion entier est un quaternion dont les composantes sont des nombres entiers.

Cette définition est historiquement la première; déjà posée par Lipschitz, elle a été reprise par L.-E. Dickson (*Proceedings of the London Math. Society*, 1921, p. 225). On peut faire d'autres constructions, telle la parfaite arithmétique de Hurwitz (²). Ou bien encore on peut modifier les produits unités de base et choisir par exemple $i^2 = j^2 = k^2 = 1$, $ij = k$, etc.; les pseudo-quaternions correspondants possèdent la presque-commutativité du produit mais par contre perdent l'associativité (³).

En fait les résultats obtenus par les diverses théories ne sont pas essentiellement différents.

Nous donnons ci-après quelques énoncés qui complètent ceux de Hurwitz et de Dickson.

1. Précisons d'abord les notations : Le quaternion A a pour norme a, la norme sera désignée par la lettre minuscule correspondante. Le conjugué de A est $\overline{A}$: on a donc $A\overline{A} = a$.

Les quaternions associés à A sont AJ, où J représente l'un quelconque des quaternions unités.

Un quaternion est dit primitif à m si ses quatre composantes n'ont aucun diviseur commun avec m; il est dit primitif si ses composantes sont premières entre elles dans leur ensemble. Un quaternion est dit premier si sa norme est un nombre premier.

2. Pour que n quaternions A, B, C, ... aient un diviseur commun à

(¹) Séance du 23 février 1942.

(²) *Nachrichten von d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen*, 1896, p. 313.

(³) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 591 et 637.

gauche de norme p nombre premier, il faut et il suffit que p divise à la fois les n normes $a, b, c, \ldots$ et les $n(n-1)/2$ quaternions $\overline{A}B$, $\overline{A}C$, $\overline{B}C$, ... Si A est primitif à p il suffit que p divise $a, b, c, \ldots$ et les $n-1$ produits $\overline{A}B$, $\overline{A}C$, ...

Pour que A, B, C, ... aient un diviseur commun (à droite ou à gauche) de norme p nombre premier, il faut et il suffit que p divise les normes a, $b, c, \ldots$ et les parties réelles de $A\overline{B}$, $A\overline{C}$, $B\overline{C}$, ..., soit au total $n(n+1)/2$ nombres.

Pour que A, B, C, ... aient un diviseur commun de norme p premier impair il faut et il suffit que les normes des $n(n+1)/2$ quaternions A, B, C, ..., A + B, A + C, ... soient multiples de p.

Pour que A, B, C, ... soient premiers entre eux dans leur ensemble, il faut et il suffit que les normes $a, b, c, \ldots$ et les parties réelles de $A\overline{B}$, $A\overline{C}$, $B\overline{C}$, ... soient premières entre elles dans leur ensemble. Il suffit que les normes de A, B, C, ..., A + B, A + C, ... soient premières entres elles dans leur ensemble.

En particulier des quaternions orthogonaux ne sont premiers entre eux que si leurs normes sont premières entre elles.

3. Soit d le plus grand nombre réel qui divise à la fois le produit $\overline{A}B$ et les normes a, b. Il existe un diviseur à gauche commun à A et à B dont la norme est d. Ce diviseur D est déterminé à un facteur unité près, sauf si a, b et $2\overline{A}B$ sont multiples de la même puissance de 2, auquel cas il existe trois diviseurs D non associés.

Tout diviseur commun à gauche de A et B est un diviseur à gauche du quaternion D ou de l'un des trois quaternions D. Le quaternion D est appelé p. g. c. d. à gauche de A et B.

En considérant $A\overline{B}$ à la place de $\overline{A}B$ on obtient le p. g. c. d. à droite.

Le cas du triple p. g. c. d. a lieu simultanément à droite et à gauche.

4. Deux quaternions quelconques peuvent être mis sous la forme $A = UA_1V$, $B = UB_1V$, où A_1 et B_1 sont premiers entre eux. Pour les différentes solutions les normes de A_1 et B_1 restent les mêmes : la norme du produit UV est égale au p. g. c. d. de a, b et la partie réelle de $A\overline{B}$.

Nous dirons que le couple U, V est un p.g.c.d. mixte dont la norme est uv.

En particulier on peut choisir pour V le p.g.c.d. à droite, soit V_0. Le premier facteur U_0 possède alors la norme minimum et est un diviseur à gauche de tous les quaternions U.

Pareillement on choisirait pour U le p.g.c.d. à gauche de A et B.

Tous ces énoncés relatifs aux p.g.c.d. s'étendent immédiatement au cas d'un nombre quelconque de quaternions.

5. Au début nous avons fait allusion ([3]) à l'étude possible de pseudo-quaternions possédant la presque-commutativité du produit. Nous renvoyons à la Note citée pour les résultats suivants :

Nombre des décompositions d'un quaternion en produit de deux facteurs de normes données; nombre des décompositions en produit de deux quaternions primitifs de normes données et, plus généralement, en produit de deux quaternions de plus grands diviseurs réels λ et μ; nombre des décompositions en produit de trois facteurs et plus.

GÉOMÉTRIE. — *Au sujet d'un théorème de M. Apéry sur les quintiques.* Note de M. **Luc Gauthier**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans sa Note du 17 novembre 1941, M. Apéry établit que les quintiques à cinq rebroussements sont autopolaires par rapport à une conique, que sa méthode ne lui permet pas d'obtenir explicitement. Cependant ces quintiques dépendent projectivement de deux paramètres : il peut arriver que les coniques correspondantes dégénèrent, et le théorème perd alors son sens. C'est cette dégénérescence que je me propose d'examiner, en démontrant d'abord l'autopolarité par voie non transcendante.

Une quintique qui admet quatre points doubles,

$$PC^2 + 2QCC' + RC'^2 = 0,$$

s'obtient en rapportant projectivement les coniques du faisceau (C, C') aux tangentes à l'enveloppe de seconde classe ($Q^2 - PR = 0$). Les coniques du faisceau tangentes aux points doubles correspondent aux tangentes à l'enveloppe menées de ces points, de sorte que l'équation générale des quintiques à quatre rebroussements est

$$PC^2 + 2QC(Q^2 - PR) + R(Q^2 - PR)^2 = 0.$$

La droite $P = 0$ est alors une tangente d'inflexion de la quintique, de contact $P = Q = 0$. Si C est tangente à la quintique, $R = 0$ est tangente commune à C et C' en des points conjugués par rapport au faisceau.

Si les points de rebroussement sont X(100), Y(010), Z(001), U(111),

et le contact $A(abc)$, on a

$$C = \Sigma a(b-c)yz, \qquad C' = \Sigma a(b-c)(b+c-a)^2 yz,$$
$$P = \Sigma \lambda^2 bc(b-c)x, \qquad Q = \Sigma \lambda bc(b-c)x, \qquad R = \Sigma bc(b-c)x;$$

λ, μ, ν sont déterminés par la condition que C' soit l'enveloppe $(Q^2 - PR)$: en posant

$$\lambda + \mu + \nu = 3\sigma, \qquad a^2 + b^2 + c^2 - 2ab - 2bc - 2ca = 3r,$$

on a

$$\lambda = \sigma - r\theta - a(b+c-a)\theta.$$

La conique tangente au rebroussement X est $\lambda C + C' = 0$.

La conique tangente au rebroussement U est $(\sigma - r\theta)C + C' = 0$.

Si nous écrivons que A est un point double de rebroussement, nous obtenons

$$\theta = 1, \qquad 2(a^2 + b^2 + c^2) - ab - bc - ca = -3\sigma,$$
$$\lambda = bc - b^2 - c^2.$$

Nous obtenons ainsi explicitement la quintique unique ayant pour rebroussements X, Y, Z, U, A. La permutation de ces points montre que les cinq tangentes d'inflexion associées sont

$$\begin{array}{ll}
\text{à A :} & P = \Sigma(b^2 + c^2 - bc)^2 bc(b-c)x, \\
\text{à X :} & pq\overline{A}x + N\mu^2 y + M\nu^2 z, \\
\text{à Y :} & N\lambda^2 x + pqBy + L\nu^2 z, \\
\text{à Z :} & M\lambda^2 x + L\mu^2 y + pqCz, \\
\text{à U :} & \Sigma(b^2 + c^2 - bc)^2 a^5(b-c)x,
\end{array}$$

avec

$$p = abc \qquad q = (a-b)(b-c)(c-a),$$
$$\overline{A} = 4a(b+c)(a-b)(a-c) - 3(a^2 - bc)^2,$$
$$L = a(b-c)^5.$$

Ces points et droites sont respectivement pôles et polaires par rapport à la conique

$$pq\Sigma\overline{A}\lambda^2 x^2 + 2\Sigma a(b-c)^5 \mu^2\nu^2 yz = 0.$$

Ceci, ajouté à l'unicité de la quintique ayant X, Y, Z, U, A pour rebroussements, démontre son autopolarité.

Cette conique est dégénérée pour

$$\begin{vmatrix}
pq\overline{A}\lambda^2 & c\mu^2\lambda^2(a-b)^5 & b\nu^2\lambda^2(c-a)^5 \\
c\lambda^2\mu^2(a-b)^5 & pq\overline{B}\mu^2 & a\nu^2\mu^2(b-c)^5 \\
b\lambda^2\nu^2(c-a)^5 & a\mu^2\nu^2(b-c)^5 & pq\overline{C}\nu^2
\end{vmatrix} = 0.$$

Le rebroussement A doit donc décrire la courbe d'ordre 42

$$pq\lambda^3\mu^3\nu^3(\sigma - r)^3(\Sigma a^2 b^2 - p\Sigma a)^3 = 0,$$

décomposée en

1° une courbe simple $pq = 0$ constituée par les six droites joignant X, Y, Z, U deux à deux. La quintique ayant alors trois rebroussements alignés dégénère;

2° une courbe triple $\lambda\mu\nu(\sigma - r)(\Sigma a^2 b^2 - p\Sigma a) = 0$. Lorsque A est sur une des constituantes de ce lieu, de l'un des rebroussements on voit les quatre autres sous un faisceau équianharmonique.

Si le rebroussement ainsi particularisé est $X(\lambda = 0)$, la conique tangente au rebroussement est C', qui coupe la quintique quatre fois en X, car $P = 0$ est alors la tangente en X à C'. Le point X est pour la quintique un autocontact.

Le théorème d'autopolarité perd alors son sens (quintique de genre zéro et de classe quatre), la conique associée dégénère en la tangente d'autocontact comptée deux fois.

Les quintiques qui font exception sont réelles lorsque deux rebroussements sont imaginaires conjugués et les autres réels; et si, par exemple,

$$b = -j, \qquad a = k(1 - j), \qquad c = 1 \qquad (k \text{ réel arbitraire}).$$

L'étude des cas particuliers où tous les points X, Y, Z, U, A ne sont pas distincts donne des résultats de nature bien différente : c'est ainsi qu'il n'existe projectivement qu'une seule quintique ayant trois rebroussements de seconde espèce

$$x = t^2(t-1)^2(t-t_0), \qquad y = t^2(t + t_0 - 2), \qquad z = (t-1)^2(t + t_0), \qquad t_0 = \frac{1+\sqrt{5}}{2};$$

elle est autopolaire de trois façons différentes, les correspondances entre éléments de contact homologues étant

$$t + t' = 1, \qquad tt' = 1, \qquad tt' = t + t'.$$

ÉLASTICITÉ. — *Sur la modification des contraintes intérieures par relaxation.* Note (¹) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Albert Caquot.

L'hypothèse classique, selon laquelle il existe un état naturel sans contraintes, est inapplicable dans le cas du globe terrestre.

(¹) Séance du 16 février 1942.

Nous allons montrer qu'on peut s'appuyer sur une hypothèse toute différente pour déterminer les contraintes intérieures.

Quelle que soit la répartition initiale de celles-ci, on peut admettre qu'elles produisent à la longue de petites déformations permanentes, que l'on considérera comme infiniment petites pour indiquer qu'elles se manifestent par des modifications des contraintes, mais n'ont pas d'effet sensible sur la forme. Nous dirons qu'il y a relaxation, et nous allons chercher la limite vers laquelle tend la répartition des contraintes.

On peut définir en chaque point une déformation élastique, $e_1, e_2, \ldots, g_3$ (ne dérivant pas d'un déplacement) en comparant un élément de volume à ce qu'il deviendrait si l'on annulait toutes les contraintes qu'il subit (état détendu). Cette déformation est liée aux composantes de la contrainte par les relations

$$e_1 = \frac{1}{E}[N_1 - \sigma(N_2 + N_3)], \qquad g_1 = \frac{1+\sigma}{E} T_1.$$

On appellera *déformation permanente* celle qui permettrait de passer de l'état détendu correspondant au premier stade, à l'état détendu relatif au deuxième stade.

Nous admettrons que la déformation permanente se fait à volume constant, condition nécessaire pour qu'elle puisse se poursuivre indéfiniment et qu'elle dépend symétriquement des trois tensions principales, et est indépendante de la pression moyenne. Moyennant ces hypothèses très générales, la vitesse de déformation permanente peut s'écrire

$$\varepsilon_1 = (2N_1 - N_2 - N_3)\,\varphi(c), \qquad \gamma_1 = 3T_1\,\varphi(c),$$

où φ est une fonction, caractéristique du comportement physique du corps, de la quantité c, définie par

$$3c^2 = N_1^2 + N_2^2 + N_3^2 - N_1N_2 - N_2N_3 - N_3N_1 + 3T_1^2 + 3T_2^2 + 3T_3^2,$$

qui mesure le degré de dissymétrie de la contrainte.

Soient, à l'instant t, $N_1, N_2, \ldots, T_3$, les composantes de la contrainte, qui deviennent, par suite de la relaxation $N_1 + n_1, N_2 + n_2, \ldots, T_3 + t_3$, à $t + \Delta t$. Ces deux systèmes de contraintes étant en équilibre avec les mêmes forces extérieures, le système $n_1, n_2, \ldots, t_3$ est en équilibre sans forces extérieures.

En appliquant le principe du travail virtuel à un tel système, on constate que, pour toute déformation $e_1, e_2, \ldots, g_3$ dérivant d'un déplacement,

l'intégrale $\iiint (n_1 e_1 + n_2 e_2 + \ldots + 2 t_1 g_1 + \ldots)\, d\mathrm{V}$, que nous écrirons $\iiint \Sigma n e\, d\mathrm{V}$, est nulle.

Appliquons cette relation à la déformation réelle du corps pris à l'état tendu, entre t et $t + \Delta t$. Cette déformation résulte de la superposition de la déformation permanente $\varepsilon_1 \Delta t, \ldots, \gamma_3 \Delta t$, et de la variation de déformation élastique donnée par $\Delta e_1 = (1/\mathrm{E})[n_1 - \sigma(n_2 + n_3)], \ldots, \Delta \gamma_1 = [(1+\sigma)/\mathrm{E}] t_1$.

On a donc $\Delta t \iiint \Sigma n \varepsilon\, d\mathrm{V} + \iiint \Sigma n \Delta e\, d\mathrm{V} = 0$.

Remplaçant $\varepsilon_1, \ldots, \gamma_3$ et $\Delta e_1, \ldots, \Delta g_3$ par leurs valeurs, cette expression devient

$$\Delta t \iiint \varphi(c)[2(\mathrm{N}_1 n_1 + \mathrm{N}_2 n_2 + \mathrm{N}_3 n_3) - (\mathrm{N}_1 n_2 + \mathrm{N}_2 n_1 + \mathrm{N}_2 n_3 + \mathrm{N}_3 n_2 + \mathrm{N}_3 n_1 + \mathrm{N}_1 n_3) + 6(\mathrm{T}_1 t_1 + \mathrm{T}_2 t_2 + \mathrm{T}_3 t_3)]\, d\mathrm{V}$$
$$+ \iiint \frac{1}{\mathrm{E}}[n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 - 2\sigma(n_1 n_2 + n_2 n_3 + n_3 n_1) + 2(1+\sigma)(t_1^2 + t_2^2 + t_3^2)]\, d\mathrm{V} = 0.$$

Le crochet du deuxième terme est toujours positif. La première intégrale peut s'écrire $\iiint \varphi(c)\Delta(3c^2)\, d\mathrm{V}$ et représente la variation entre t et $t + \Delta t$ de $\iiint \Phi(c)\, d\mathrm{V}$, Φ étant une fonction telle que $\partial\Phi/\partial c = 6 \times \varphi(c) \times c$. On a donc $\Delta t \times \Delta \iiint \Phi(c)\, d\mathrm{V} < 0$.

L'intégrale $\iiint \Phi\, d\mathrm{V}$ ne peut que décroître au cours de la relaxation. En particulier, si l'on peut trouver un système de contraintes, en équilibre avec les forces extérieures, et qui rend cette intégrale minimum, c'est vers cet état de contrainte que tendra le système envisagé.

Les conditions aux limites doivent être exprimées sous forme de pressions. Si, sur une partie de sa surface, le corps envisagé est astreint à une condition géométrique, comme de s'appuyer sur une surface rigide, on devra déterminer les réactions de cet appui de façon qu'elles soient en équilibre avec les autres forces extérieures, et qu'elles rendent minimum l'intégrale.

ELASTICITÉ. — *Au sujet des cisaillements superficiels d'un prisme.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Albert Caquot.

I. M. Gœlzer [1] a résolu le problème du cisaillement superficiel, longitudinal, uniforme d'une couche cylindrique de révolution, en utilisant le déplacement de coordonnées (u, v, w) du point $P(x, y, z)$

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} 2\mu u = 2A\varpi xz, \\ 2\mu v = 2A\varpi yz, \\ 2\mu w = A(1-\varpi)(x^2+y^2-z^2)+2B\log\sqrt{x^2+y^2} \\ \left(\text{A et B constantes,}\quad \lambda \text{ et } \mu \text{ coefficients de Lamé,}\quad \varpi = \dfrac{\lambda}{3\lambda+2\mu}\right) \end{array}\right.$$

et celui du cisaillement superficiel, transversal, uniforme d'une couche cylindrique de révolution en utilisant la solution

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{l} 2\mu u = -Ay(x^2+y^2-4z^2), \\ 2\mu v = Ax(x^2+y^2-4z^2), \\ 2\mu w = 0 \end{array}\right. \qquad (\text{A constante}).$$

II. La présente Note a d'abord pour but d'indiquer que l'on peut également résoudre le problème du cisaillement superficiel, transversal, uniforme d'une couche cylindrique de révolution en utilisant la solution

$$\left\{\begin{array}{l} 2\mu u = -Ay(x^2+v^2-4z^2)-B\dfrac{y}{x^2+y^2}, \\ 2\mu v = Ax(x^2+y^2-4z^2)+B\dfrac{y}{x^2+y^2}, \\ 2\mu w = 0 \end{array}\right. \qquad (\text{A et B constantes}).$$

Cette solution conduisant, avec les notations usuelles des coordonnées du tenseur tension, aux conditions

$$T_2x + T_1y = 0,$$
$$N_1x^2 + 2T_3xy + N_2y^2 = 0,$$
$$(N_2 - N_1)xy + T_3(x^2-y^2) = A(x^2-y^2)^2 - B,$$

les constantes A et B sont déterminées par les conditions de cisaillement

(1) *Annales de l'École nationale des Ponts et Chaussées* (sous presse).

superficiel transversal, pour (x^2+y^2) égal à R_0^2 et R_1^2, carrés des rayons intérieurs et extérieurs de la couche cylindrique.

L'ensemble des solutions (1) et (2) résout alors, pour une couche cylindrique, le problème du cisaillement hélicoïdal uniforme de sa surface et, en particulier, le problème du défrettage par traction et torsion exercées sur une des bases de la frette.

III. D'autre part, le problème du cisaillement longitudinal, superficiel d'un prisme quelconque peut recevoir une solution, quand le cisaillement longitudinal est variable d'une génératrice à l'autre. Il n'est pas nécessaire de s'en tenir au cas d'un cisaillement uniforme résolu par M. Gœlzer.

En effet, l'équilibre élastique d'un milieu, étudié par Barré de Saint-Venant, milieu où $N_1 = N_2 = T_3 \equiv 0$, comprend le cas de

$$N_3 = kz \qquad \text{(avec } k \text{ constant)}$$

et permet de satisfaire à la condition, sur la surface latérale du prisme,

$$T_2\alpha + T_1\beta = f(x, y)$$

(α, β, o, cosinus directeurs de la normale à cette surface).

Dans ce cas particulier

$$N_3 = kz, \qquad 2T_1 = \frac{\partial\varphi}{\partial y} - ky, \qquad 2T_2 = \frac{\partial\varphi}{\partial x} - kx,$$

φ étant une fonction harmonique telle que

$$\frac{d\varphi}{dn} = k(\alpha x + \beta y) + 2f(x, y).$$

Mais alors, (L) étant le périmètre de la section droite de surface (S) du prisme de hauteur h, la condition de Neumann

$$\int_L \frac{d\varphi}{dn}\, ds = 0$$

donnera $k = -(F/h)$, et par suite

$$\frac{d\varphi}{dn}\, 2f(x, y) - \frac{F}{h}(\alpha x + \beta y),$$

en désignant par (F) l'effort total de traction exercé sur une base de prisme pour équilibrer le cisaillement superficiel longitudinal.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence de la vitesse sur la forme des cycles* couple-torsion *d'un métal étudié à l'état visqueux. Hystérésigraphe de torsion à enregistrement photographique.* Note ([1]) de MM. **Pierre Chevenard** et **Charles Crussard**, présentée par M. Léon Guillet.

La courbe μ_θ/μ_0 qui représente la variation thermique du module de Coulomb d'un métal, étudié au pendule de torsion ou au thermoélasticimètre ([2]), s'incurve vers le bas dès que la température atteint celle de la rapide croissance du frottement interne. Dans les deux méthodes, en effet, le module est représenté par la pente moyenne d'un petit cycle *couple-torsion*, et cette pente diminue rapidement quand l'hystérésis du cycle s'accroît. Le seuil de l'incurvation rétrograde vers les basses températures au fur et à mesure que le cycle est parcouru plus lentement, preuve du rôle joué par la *relaxation visqueuse* dans le frottement interne des métaux aux températures élevées.

Si l'on veut pousser plus loin l'étude thermoélastique d'un métal à l'état visqueux, on ne peut plus se contenter d'apprécier la pente moyenne d'un cycle mécanique; il faut enregistrer, puis élaborer ce cycle. Un hystérésigraphe de torsion a été construit dans ce but.

Un fil échantillon (longueur 10^{mm}, diamètre $0^{mm},3$), maintenu à température uniforme et constante dans un four électrique à régulateur, subit une torsion α suivant une loi sinusoïdale du temps t

$$\sin\alpha = \sin\alpha_0 \sin\frac{2\pi}{T}t.$$

L'amplitude α_0 peut atteindre $\pm 60°$ et la période T varier de 1 à 600 sec. Le couple C créé par la déformation est repéré par la torsion d'un barreau-dynamomètre vertical, en élinvar. Un prisme à réflexion totale, mobile autour d'un axe horizontal, éprouve une petite déviation proportionnelle à l'angle de torsion α; et un rayon lumineux, réfléchi successivement par le prisme et par un miroir fixé au dynamomètre, inscrit sur une plaque sensible le diagramme *couple-torsion*.

La figure 1 groupe six courbes ainsi enregistrées : elles concernent un fil de nickel étudié à 400°C., après avoir été recuit pendant 2 heures à 400°

([1]) Séance du 23 février 1942.

([2]) P. Chevenard et E. Joumier, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 548.

au sortir de la filière. L'amplitude α_0 est $\pm 15°$ d'arc. La période T est égale à 180 sec pour les courbes 1 et 2; pour les quatre suivantes, les valeurs respectives de T sont 60, 20, 3 et 1,05 sec. Tandis que les cycles à

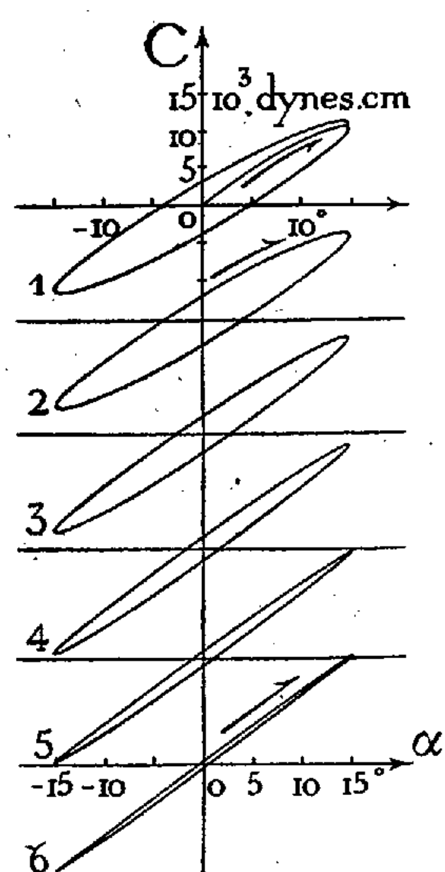


Fig. 1.

N° du cycle.	1 et 2	3	4	5	6
Périodes / Secondes...	180	60	20	3	1,05

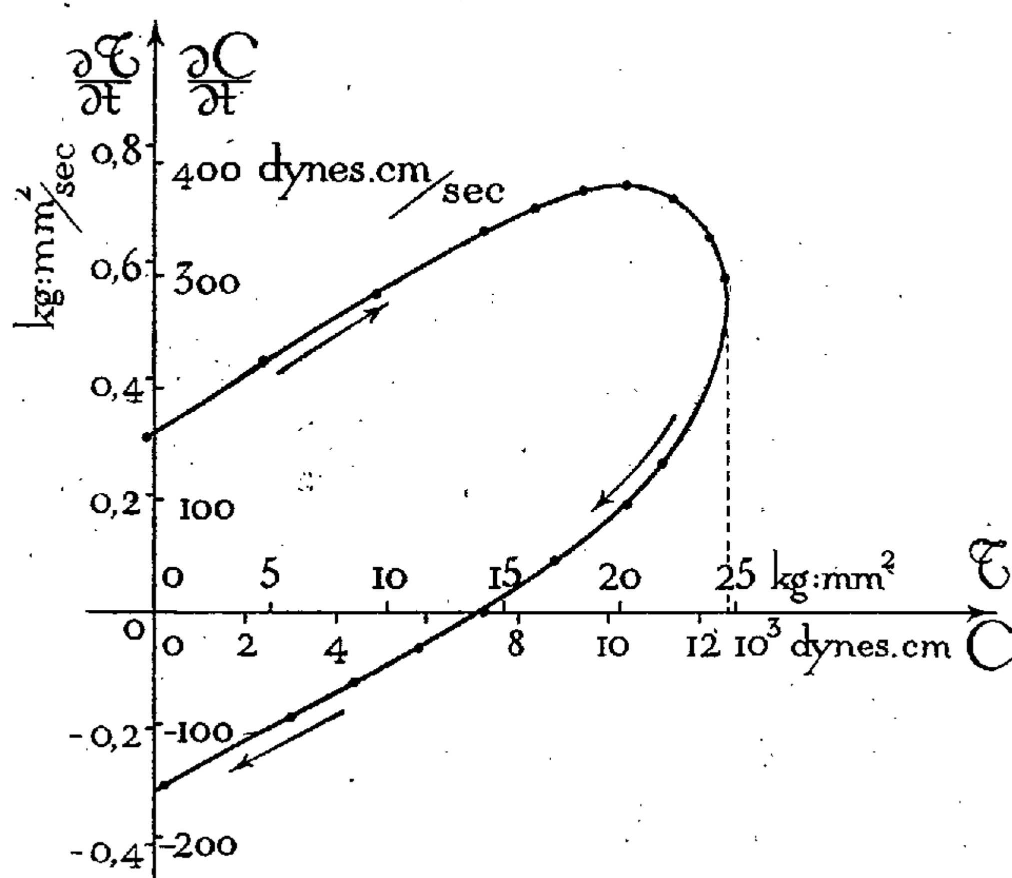


Fig. 2.

courte période affectent la forme à sommets pointus observée à froid, la forme arrondie des cycles décrits lentement prouve que le couple, en même temps qu'il se crée, se relâche en partie par déformation visqueuse. Conformément aux prévisions, l'hystérésis du cycle augmente en même temps que la période, tandis que la pente moyenne décroît.

On peut évaluer la vitesse $\partial C/\partial t$ de la relaxation visqueuse en tout point d'un cycle. En effet, la variation dC du couple dans l'intervalle de temps dt, alors que la torsion varie de $d\alpha$, est la somme d'un terme $K d\alpha$ d'origine élastique et d'un terme $\partial C/\partial t$, dt représentant la relation visqueuse. D'où

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{d\alpha}{dt}\left(\frac{dC}{d\alpha} - K\right).$$

La dérivée $d\alpha/dt$ est facile à calculer à partir de la période T et des dimensions du mécanisme; $dC/d\alpha$ est obtenu par dérivation graphique de la courbe enregistrée, opération précise en raison de la netteté des tracés.

La constante de torsion K est, soit le coefficient angulaire à l'origine de la courbe de première torsion, soit la pente à la détorsion des cycles à sommets pointus décrits rapidement : en fait, les valeurs de K déduites des courbes 1 et 6 coïncident à 0,002 près.

On voit, d'après la courbe de la figure 2, comment varie, le long du cycle 3 ($T = 60$ sec), la vitesse $\partial C/\partial t$ en fonction du couple C; on a porté aussi sur les mêmes axes de coordonnées la contrainte au cisaillement $\mathfrak{T}$ des fibres extérieures du fil et la vitesse de relaxation $\partial\mathfrak{T}/\partial t$. Le résultat le plus apparent mis en évidence par cette courbe est la variation fortement irréversible de la vitesse $\partial C/\partial t$ ou $\partial\mathfrak{T}/\partial t$ en fonction du couple C ou de la contrainte $\mathfrak{T}$: la vitesse dépend, non seulement de la valeur actuelle de C ou de $\mathfrak{T}$, mais de toutes les valeurs antérieures.

Cette irréversibilité traduit l'influence considérable de la *réactivité*. Si, le point figuratif étant parvenu à l'un des points de rencontre du cycle et de l'axe $O\alpha$, le fil était libéré du mécanisme, il continuerait de se détordre sous couple nul. La pente du diagramme en ce point doit donc être inférieure au coefficient K, et l'écart d'autant plus important que l'effet de la réactivité a plus le temps de se manifester, c'est-à-dire que la vitesse est plus faible : c'est pourquoi, au fur et à mesure que la période T augmente, on voit diminuer la pente moyenne du cycle *couple-torsion*.

Nous poursuivons l'étude systématique de ces phénomènes pour différents métaux en faisant varier méthodiquement la température, la période et l'amplitude de la torsion.

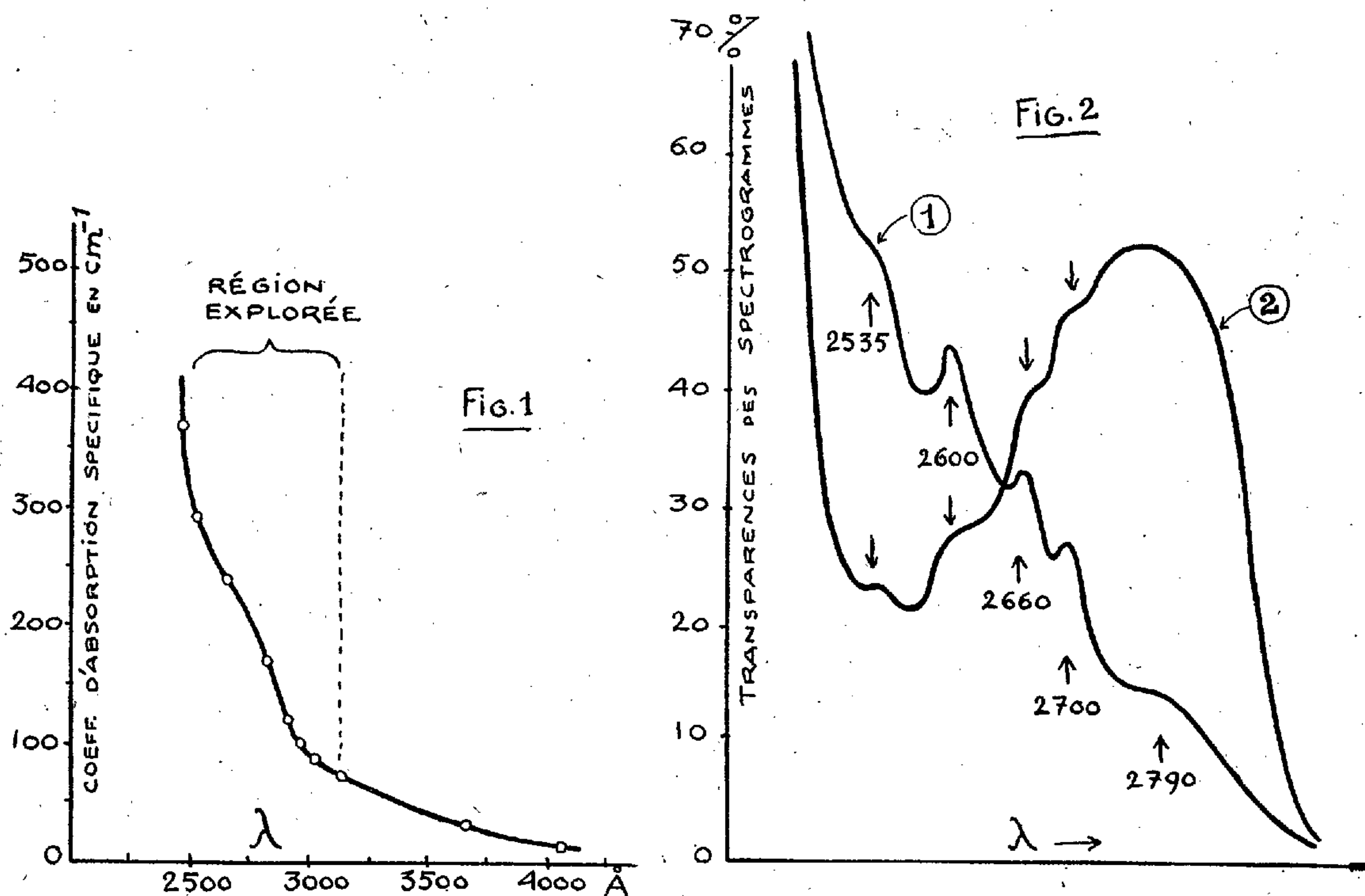
SPECTROGRAPHIE. — *Nouvelles bandes dans le spectre d'absorption ultraviolet de la gélatine*. Note [1] de M. **Marcel Abribat**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Des courbes d'absorption ultraviolette de la gélatine, ou de simples spectrogrammes qualitatifs, ont été publiés par Dhéré (1904), Schanz (1918), Eggert et Noddack (1924), Higley et Mathews (1924), Thorne Baker et Davidson (1926), Vlès et Cohn (1926), Krishnamurti et Svedberg (1930), puis par Custers, de Boer et Dippel (1933) dont les mesures sont plus correctes. La courbe indiquée par ces derniers auteurs est corrigée des erreurs introduites par la diffusion. De ce fait, contrairement à ce qu'on avait cru, elle reste inchangée quels que soient le pH et la température.

---

[1] Séance du 16 février 1942.

Cette courbe (*fig.* 1) a été tracée à l'aide de quelques points seulement (mesures photoélectriques). J'ai voulu voir si elle ne présentait pas, entre ces points, une forme plus compliquée.



A cet effet j'ai utilisé, pour éclairer un spectrographe à prisme de quartz, la lampe à hydrogène, qui fournit un spectre continu dans la région intéressante, et, comme méthode d'enregistrement, la méthode photographique, d'emploi d'autant plus commode que, dans le cas envisagé, il ne s'agissait que d'obtenir des renseignements qualitatifs, puisque l'allure quantitative de la courbe d'absorption était déjà fournie par d'autres mesures. Des essais à temps d'exposition variant très progressivement, soit sur des lames de gélatine sèche (épaisseur $0^{mm},5$), soit sur des solutions très concentrées et examinées sous fortes épaisseurs, m'ont permis de mettre en évidence des bandes d'absorption, étroites et extrêmement faibles, ainsi que des épaulements peu marqués. La courbe 1 de la figure 2 représente un enregistrement microphotométrique d'un fragment d'un des spectrogrammes ainsi obtenus (gélatine sans cendre, purifiée par électro-osmose).

Les trois petites bandes, d'amplitude très faible, qui sont respectivement centrées sur 2600, 2660 et 2700 Å ainsi que les épaulements vers 2535 et 2790 Å, existent dans tous les échantillons de gélatine examinés : gélatines techniques de diverses provenances (pour usage photographique ou alimentaire) ou gélatines déminéralisées et purifiées par diverses méthodes. Les positions de ces bandes et de ces épaulements restent inchangées quels que soient le pH et la température, notamment pendant la transformation gel-sol. Pour les apercevoir sur les spectrogrammes, il est nécessaire d'interposer sur le faisceau lumineux une forte quantité de gélatine (plaques de gélatine sèche ou fortes épaisseurs de solutions concentrées) et de trouver, par tâtonnement, le temps d'exposition convenable. C'est probablement pour ces raisons, et aussi parce que les différents auteurs cités utilisaient des sources lumineuses fournissant un spectre de raies, que ces bandes étaient, jusqu'à maintenant, passées inaperçues. En effectuant des essais analogues sur du blanc d'œuf frais, j'ai pu, dans les spectrogrammes obtenus (*fig.* 2, courbe 2), et plus ou moins facilement suivant l'épaisseur examinée, déceler la présence de ces mêmes bandes.

Quelle est l'origine de ces bandes et de ces épaulements? Le spectre d'absorption ultraviolet de la gélatine est plus simple que celui des autres protéines car elle est pratiquement dépourvue des groupes prosthétiques qui sont les chromophores principaux des protéines : le tryptophane et la tyrosine, par exemple. Néanmoins, l'étroitesse de ces bandes, leur très faible amplitude et, surtout, leur position dans le spectre font plutôt penser à l'existence de groupements prosthétiques autres que les chromophores *classiques* des protéines.

Au surplus, il est assez remarquable que des bandes semblables existent, aux mêmes endroits, dans le spectre du blanc d'œuf. Le chromophore possible que l'on pourrait deviner d'après l'allure et la position de ces bandes étroites serait, à mon avis, un groupe stérol. Les travaux de Tronsegaard et Koudhal (1926), de Machebœuf et Tayeau (1938, 1941) sur les cénapses cholestéroprotéidiques sembleraient renforcer cette hypothèse. Il serait, à ce sujet, intéressant de voir si ces bandes persistent, dans les spectres de diverses protéines, après *décollage* des stérols par les procédés indiqués par ces derniers auteurs.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *La théorie de la polarisabilité optique et le pouvoir rotatoire naturel.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que l'on peut traiter la plupart des problèmes relatifs à la diffusion moléculaire de la lumière (rayonnements de Rayleigh et de Raman) en supposant que le moment électrique M induit dans la molécule est une fonction linéaire vectorielle du champ électrique E de l'onde lumineuse incidente (1). La théorie n'est applicable que si la fréquence de l'onde incidente est faible devant les fréquences électroniques propres à la molécule. On peut alors écrire symboliquement

$$M = [T]E \quad \text{ou} \quad M_i = \sum_{j} c_{ij} E_j \quad (i, j = x, y, z).$$

Les composantes c_{ij} du tenseur de polarisabilité [T] (ou celles du tenseur dérivé par rapport aux coordonnées normales des noyaux atomiques, s'il s'agit de l'effet Raman) sont des nombres réels. Les vecteurs M et E vibrent alors en phase. On considère souvent que les coefficients transversaux du tenseur [T] satisfont à l'égalité symétrique, c'est-à-dire que $c_{ij} = c_{ji}$, et l'on ajoute que cette condition exclut l'application de la théorie aux molécules optiquement actives. C'est ce dernier point qui mérite l'examen. En effet, on voit sans peine, dans la théorie précédente, que l'égalité symétrique s'obtient en supposant seulement que les dimensions de la molécule sont faibles devant la longueur de l'onde lumineuse et que la différentielle $dU = E.dM$ de l'énergie de polarisation U de la molécule est une différentielle totale exacte, c'est-à-dire que les forces qui agissent dans la molécule forment un système conservatif. Or cette dernière hypothèse est admise par toutes les théories moléculaires du pouvoir rotatoire naturel (2), qui par contre sont contraintes de supposer que la polarisabilité n'est pas symétrique. Ce n'est donc pas par des considérations énergiques très générales, mais bien par l'absence de dissymétrie moléculaire que devrait se justifier l'égalité symétrique.

---

(1) J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1929.
(2) M. Born, *Ann. der Physik*, 55, 1916, p. 177; R. de Mallemann, *Ann. de Physique*, 22, 1924, p. 192.

La solution de cette difficulté est la suivante. Dans la théorie classique, qui assimile les molécules à des résonateurs harmoniques, il faut tenir compte de la différence de phase que prend le moment M par rapport au champ E, si la fréquence n de ce champ n'est pas négligeable devant la fréquence propre du résonateur. On y parvient en écrivant que les coefficients du tenseur de polarisabilité sont des grandeurs complexes. De plus, en exprimant que l'énergie de polarisation U est réelle, on trouve que deux coefficients tels que c_{ij} et c_{ji} sont des nombres complexes conjugués, c'est-à-dire que le tenseur de polarisabilité est hermitique. On peut décomposer ce tenseur en un tenseur symétrique et un tenseur antisymétrique, ce dernier ne contenant que des coefficients purement imaginaires. C'est du tenseur antisymétrique que dépendent les phénomènes d'activité optique : tous ses coefficients disparaissent lorsque la molécule possède un élément de symétrie de seconde espèce ([2]). Mais, si la fréquence n devient très élevée ou très basse, la partie imaginaire des coefficients c s'annule : le tenseur hermitique se transforme en tenseur symétrique, quelle que soit la symétrie de la molécule. En d'autres termes, *le pouvoir rotatoire naturel devient négligeable pour les longueurs d'onde très grandes ou très petites*. On retrouve ainsi, d'une façon simple et générale, un résultat pressenti ([3]), puis prévu par certaines théories moléculaires de l'activité optique ([4]). On voit encore que la partie antisymétrique du tenseur de polarisabilité joue seulement un rôle secondaire dans les phénomènes optiques, hormis le pouvoir rotatoire; on pourra donc, loin des bandes d'absorption, représenter la polarisabilité d'une molécule quelconque par un ellipsoïde, avec une bonne approximation.

RAYONS X. — *Sur le fonctionnement d'un tube à rayons* X *soumis à des impulsions de tension*. Note ([1]) de M. **Pierre Herreng**, présentée par M. Charles Mauguin.

Divers expérimentateurs ([2]), en vue de réaliser des radiographies à durée d'exposition très réduite, ont soumis un tube à rayons X, pendant

---

([3]) R. Lucas, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1022.

([4]) W. Kuhn, *Transactions Faraday Society*, **26**, 1930, p. 293.

([1]) Séance du 23 février 1942.

([2]) Max Steenbeck, *Wiss. Veröff. Siemenswerke*, **17**, 1938, p. 363; Kingdon et Tanis, *Phys. Rev.*, **53**, 1938, p. 128; W. J. Oosterkampf, *Rev. Techn. Philips*, **5**, 1940, p. 22; Slack et Ahrke, *Journ. of Appl. Phys.*, **12**, 1941, p. 165.

un temps très court, à une charge du foyer considérable. Nous avons réalisé un montage permettant de répéter périodiquement ce phénomène avec une fréquence bien déterminée, par la décharge répétée d'un condensateur dans le tube.

La puissance maximum admissible W_m par unité de surface de l'anode est limitée par l'augmentation maximum admissible T_m de la température du métal qui la constitue. On a (³)

$$W_m = \frac{T_m\sqrt{\pi kc}}{2}\frac{1}{\sqrt{\tau}},$$

τ est la durée de charge, k la conductibilité calorifique et c la chaleur spécifique par unité de volume. Dans le cas du cuivre, qui constituait notre anode, nous avons pris $T_m = 1000$. Avec $k = 0,9$ et $c = 1,0$, on trouve, pour une durée de charge de 10 microsecondes, $W_m = 11$ kW par millimètre carré. Notre foyer d'émission ayant environ 13^{mm^2}, la puissance totale admissible sera donc de 143 kW. Si nous convenons de prendre comme durée de l'impulsion le temps pendant lequel le tube reste saturé, on trouve, pour une tension moyenne de 50 kV pendant l'impulsion, que le courant de saturation doit être égal à 2,9 A. Une impulsion ayant ces caractéristiques s'obtient en déchargeant dans le tube une capacité de 1,45 millième de microfarad chargée à 60 kV. La fréquence de répétition des impulsions est limitée par la condition que, entre deux impulsions successives, l'anode doit avoir le temps de se refroidir. La puissance moyenne dissipée au foyer ne saurait dépasser la charge maximum admissible en fonctionnement continu, qui était, pour notre tube, de 1 kW environ (50 kV, 20 mA). En écrivant l'égalité de ces puissances moyennes, on trouve, dans le cas de l'exemple précédent, une fréquence maximum de 400 impulsions par seconde. Nous avons vérifié que le tube supportait en permanence un tel régime de fonctionnement.

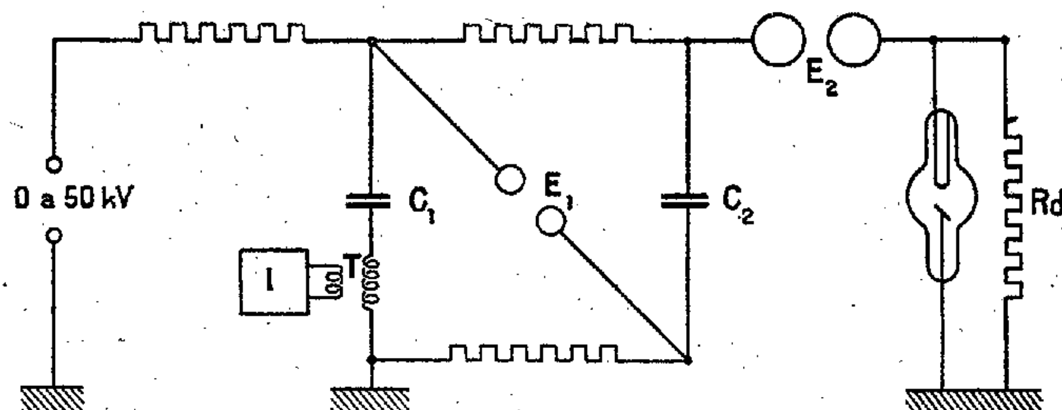
Les impulsions sont réalisées par un montage doubleur de tension, dans lequel les condensateurs C_1 et C_2, chargés en parallèle à travers des résistances, sont déchargés en série par l'intermédiaire des éclateurs E_1 et E_2. La tension de charge est insuffisante pour que l'étincelle éclate en E_1. La décharge est déclenchée par une impulsion auxiliaire de quelques milliers de volts produite par un générateur I identique à celui que nous avons décrit dans une précédente Note (⁴), et transmise par l'intermédiaire

(³) A. Bouwers, *Z. Techn. Phys.*, 8, 1927, p. 271.

(⁴) Goudet, Herreng et Nief, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 62.

du transformateur T. La fréquence des impulsions, est en définitive, la fréquence très stable et facilement réglable d'un oscillateur à lampes. La résistance R_d en dérivation aux bornes du tube permet de régler commodément la forme et la durée des impulsions.

Des courants de saturation de l'ordre de 3 A s'obtiennent avec un filament de tungstène surchauffé. Nous avons aussi utilisé une cathode



recouverte d'un mélange d'oxydes alcalinoterreux qui nécessite une puissance de chauffage beaucoup moindre. La durée de fonctionnement normal d'une telle cathode n'excède pas quelques heures.

En comparant le fonctionnement de notre tube en régime continu et en impulsions, nous avons constaté les faits suivants :

1° En régime continu, le tube (tube démontable Beaudouin) ne peut supporter, sans être le siège d'une décharge luminescente, une tension supérieure à 56 kilovolts, la pression dans le tube n'excédant pas 10^{-6}mm. de mercure. Avec des impulsions très courtes, on peut augmenter notablement cette tension, et cela d'autant plus que les impulsions sont plus courtes (80 kilovolts pour des impulsions de 4 microsecondes).

2° A puissance moyenne égale et en profitant, dans le cas des impulsions, du gain de tension ci-dessus mentionné, des temps de pose du même ordre de grandeur sont nécessaires, dans les deux cas, pour une même radiographie ou l'enregistrement d'un même diagramme de diffraction. Le montage en impulsions permet donc, sans augmentation du temps de pose, de faire une radiostroboscopie d'un système tournant ou un diagramme de diffraction d'un échantillon animé d'un mouvement vibratoire périodique. La fréquence des impulsions peut-être facilement synchronisée sur celle du phénomène périodique à étudier.

Signalons enfin que, si on reçoit les impulsions de rayons X dans une chambre à ionisation scellée contenant de l'argon très pur, les électrons produits dans le gaz permettent, en raison de leur très grande mobilité, d'obtenir, aux bornes d'une résistance intercalée dans le circuit de la

chambre, des impulsions de tension très brèves. Celles-ci, après amplification, peuvent être commodément examinées et mesurées à l'oscillographe cathodique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques constantes physicochimiques du gaz-étalon oxygène.* Note de M. **Enrique Moles**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les recherches sur les densités des gaz que j'ai effectuées avec plusieurs collaborateurs ces vingt dernières années m'ont permis de fixer les conditions chimiques et physicochimiques de la préparation du gaz-étalon oxygène. J'ai tout d'abord pu montrer que les différentes méthodes de préparation chimique conduisent, après purification des échantillons et dans les limites de précision de 10^{-5} [1], à un gaz dont la densité normale est constante [2]. On a pu établir aussi que, sous des conditions déterminées, l'obtention du gaz oxygène par la pyrolyse du permanganate de potassium cristallisé pur se trouve sans doute être la préférable.

D'autre part, et comme suite aux perfectionnements apportés ces dix dernières années dans la technique de la détermination des volumes, pressions et températures, ainsi que sur les pesées, on a pu réaliser la mesure de la densité de différents gaz, notamment celle du gaz oxygène, sous des pressions différentes, avec une précision qui dépasse toujours la limite de 10^{-5}. On a jugé convenable de reviser ces résultats de façon homogène en les rapportant à la valeur internationale conventionnelle pour $g_{45°} = 980,661$, de façon à obtenir des valeurs indépendantes des petites variations introduites par de futures révisions expérimentales de la valeur de $g_{45°}$. Et j'ai déduit ensuite un certain nombre de constantes numériques dont la précision dépasse certainement celle des valeurs admises jusqu'ici dans les Recueils internationaux de Constantes les plus modernes. Voici d'abord un résumé des valeurs de la densité ramenées aux conditions normales et mesurées sous différentes pressions entre 0 et 1^{atm}. Je crois utile de rappeler que ces valeurs ont été obtenues par deux méthodes foncièrement différentes, celle du ballon et celle du volumètre, et

(1) Cette limite est imposée d'une part par les variations dans le rapport isotopique $O_{16}:O_{18}$, provenant des réactions d'échange, et d'autre part par la précision attribuée aux méthodes de mesure.

(2) E. Moles, *J. Chim. Phys.*, **19**, 1921, p. 310.

que le rapport extrême des volumes mesurés et des masses de gaz pesées a été de 1 : 10. Ces résultats comportent toutes les corrections nécessaires, y comprise celle de l'adsorption.

Auteurs. p...	1,00000.	0,75000.	0,66667.	0,50000.	0,33333.	0,25000.
M. et S..........	1,42900	–	–	1,42835	–	–
M. et T..........	1,42901	–	1,42857	1,42836	–	–
M. et G..........	1,42901	–	1,42855	1,42836	–	–
M. R. et T.......	1,42902	1,42867	1,42858	1,42835	1,42811	1,42803
M. et E..........	1,42901	–	–	1,42836	–	–

Cet ensemble de résultats conduit, pour la valeur limite L_0 de la densité, ainsi que pour la valeur du volume moléculaire normal V_m, aux chiffres suivants :

	L_0.	V_m.
I..................	1,42770	22,4136
II..................	1,42770	22,4136
III..................	1,42768	22,4139
IV..................	1,42768	22,4139
V..................	1,42771	22,4135
Moyenne..........	$1,42769 \pm 0,00001$	$22,4137 \pm 0,0001$

Étant donnée la valeur la plus probable acceptée pour le point de fusion de la glace dans l'échelle absolue $T = 273,15 \pm 0,05°$ (³), on en déduit, pour la constante générale des gaz R,

$$R = \frac{22,4137}{273,15} = 0,082056 \pm 0,00001 \text{ lit/atm}.$$

Ces valeurs diffèrent très peu de celles indiquées dans les Recueils modernes de Constantes (⁴), nous croyons pouvoir cependant leur attribuer une précision plus grande.

Finalement on déduit pour le coefficient de compressibilité par centimètre du gaz-étalon les valeurs suivantes (en 10^{-5}) :

(M et S) 1,72; (M et T) 1,75; 1,71; (M et G) 1,79; 1,71;
(M, R et T) 1,83; 1,71; 1,75; 1,79 et 1,74; (M et E) 1,72,

dont la moyenne générale est

$$1,75 \pm 0,05 . 10^{-5}.$$

(³) Réunion du Comité international, Paris, 1939.

(⁴) On trouve par exemple

	V_m.	R.
dans les *International Critical Tables*......	22,411	0,08206
Geiger et Scheel, *Handb. d. Phys.*, 1926.	22,4139	0,082047
Birge, *Phys. Rev. Sup.*, 1929..........	22,4135	0,082046

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la possibilité d'une caractérisation entièrement automatique des fumées.* Note de M. **Marcel Véron**, présentée par M. Léon Guillet.

Les constituants gazeux des fumées *sèches* non hydrogénées sont CO^2, SO^2, O^2, CO et N^2; l'analyse courante bloque les deux premiers, qu'absorbent la soude et la potasse.

Supposons que tout le combustible passe dans les fumées, et que la combustion soit leur seule source.

Nommons v les volumes partiels, F le volume total d'une fumée, A le volume d'air comburant, tous rapportés à l'unité de masse du combustible et affectés de l'indice zéro quand ils concernent spécialement la combustion neutre. Caractérisons une combustion quelconque par l'excès ou le défaut d'air rapportés à la combustion neutre

$$e = \frac{A - A_0}{A_0} \gtrless 0.$$

Entre les six facteurs variables $v_{CO^2+SO^2}$, v_{O^2}, v_{CO}, v_{N^2}, F et A ou e existent quatre relations évidentes

$$v_{CO^2+SO^2} + v_{CO} = (v_{CO^2})_0; \qquad v_{O^2} = \frac{1}{2} v_{CO} + 0,208\, e A_0;$$

$$F = v_{CO^2+SO^2} + v_{O^2} + v_{CO} + v_{N^2} = F_0 + e A_0 + \frac{1}{2} v_{CO},$$

où les facteurs fixes $(v_{CO^2})_0$, A_0 et F_0 sont connus une fois pour toutes d'après l'analyse du combustible.

Deux des facteurs variables énumérés, ou deux de leurs combinaisons distinctes, suffisent donc à définir une fumée quelconque. On retiendra par exemple les teneurs en O^2 et $CO^2 + SO^2$

$$\omega = 100 \frac{v_{O^2}}{F}, \qquad \alpha = 100 \frac{v_{CO^2+SO^2}}{F}.$$

Portées le long de deux axes $O\omega$, $O\alpha$, elles définissent un plan dont chaque point figure une fumée possible du combustible considéré. Les fumées offrant une propriété commune seront reliées par des lignes tracées dans ce plan.

Les lignes d'égales teneurs β en CO sont régies par l'équation

$$\alpha = \alpha_0 - \left(1 - \frac{0,792}{2.0,208} \frac{\alpha_0}{100} \beta\right) - \frac{\alpha_0}{100} \omega.$$

Les lignes d'égal excès d'air (combustions dites oxydantes et mi-oxydantes) ou d'égal défaut d'air (combustions dites réductrices et mi-réductrices) sont régies par l'équation

$$\alpha = \frac{\alpha_0 + 2.20,8 r_0 e}{1 + 0,792 r_0 e} - \left(2 + \frac{1}{100}\,\frac{\alpha_0 + 2.20,8 r_0 e}{1 + 0,792 r_0 e}\right)\omega, \qquad \text{où} \quad r_0 = \frac{A_0}{F_0}.$$

Le diagramme constitué par ces lignes a été imaginé par Ostwald en vue de contrôler et d'interpréter graphiquement les analyses de fumées.

Nous proposons de combiner mécaniquement ce diagramme avec les analyseurs de fumées automatiques, en vue de leur faire indiquer directement les résultats de l'interprétation, c'est-à-dire les diverses caractéristiques des fumées, ainsi que les excès et défauts d'air qui les engendrent.

Les analyseurs automatiques actuels les plus complets marquent à la fois les teneurs volumétriques en CO^2 et $CO + H^2$.

Si ces indications se traduisaient par la translation de deux aiguilles assujetties à rester parallèles, l'une aux droites horizontales $\alpha = \text{const.}$, l'autre aux droites obliques $\beta = \text{const.}$ d'un diagramme d'Ostwald fixé dans un plan parallèle à leurs mouvements, le croisement des deux aiguilles définirait sur le diagramme un point figurant l'état actuel de la fumée analysée (supposée exempte de constituants hydrogénés). Cette conception simple rencontre des difficultés :

On a généralement renoncé à réaliser des translations planes.

Une aiguille *parallèle* à son axe de rotation décrit une surface cylindrique admettant un développement plan, à l'égard duquel le mouvement de l'aiguille se présente bien comme une translation parallèlement à elle-même. Mais cet artifice échoue quand il faut, comme ici, combiner deux translations non parallèles, un diagramme plan ne pouvant simultanément appartenir à deux surfaces cylindriques.

Par des dispositifs cinématiques appropriés, on pourrait transformer en translations les mouvements circulaires plans de deux aiguilles *normales* à leur axe de rotation; mais ces dispositifs introduiraient des frottements et des jeux défavorables.

S'il est malaisé d'adapter au diagramme cartésien les mouvements circulaires plans de deux aiguilles, il est par contre facile d'adapter le diagramme à ce mouvement, par sa transformation en diagramme bipolaire admettant pour centres les centres de rotation des deux aiguilles ([1]).

Après cette anamorphose, les lignes d'égale teneur en oxygène ω et d'égal

([1]) Un artifice semblable a déjà été employé en métrologie de l'air humide (hygromètres et psychromètres à abaques).

excès ou défaut d'air e cessent d'être des droites parallèles ou presque parallèles entre elles, mais on peut leur conférer une forme et une distribution commodes en choisissant convenablement les tracés des aiguilles, leurs longueurs et leur entre-axe, les sens, les amplitudes et les gradients de leurs rotations.

Le graphique pourra être encore complété par des lignes joignant les états des fumées dont le volume F ou le poids par unité de combustible, la chaleur spécifique, les chaleurs sensible, latente, totale, la densité, la viscosité, la conductibilité sont égales pour une même température de référence, 100° C. par exemple.

Les indications d'un tel *catarromètre graphomécanique* ne seront exactes que pour les combustibles dont les caractéristiques A_0, F_0, α_0 répondent bien à celles que suppose le graphique utilisé; il conviendra donc de prévoir un jeu de diagrammes interchangeables, concernant l'ensemble des combustibles que l'on compte utiliser. Industriellement, un seul diagramme suffira d'ailleurs pour les houilles anthraciteuses, maigres, quart-grasses et demi-grasses, dont les compositions *élémentaires* sont comparables; on pourra même étendre son usage à toutes les houilles.

On agrandira éventuellement son échelle en le limitant au domaine qui est propre à l'application envisagée; chaudière ou four oxydant, four réducteur, moteur à gaz pauvre, gazogène, etc.

Les principaux types d'analyseurs automatiques en usage se prêtent à cette adaptation, spécialement ceux dont les indications sont continues (cellules doubles à fils chauds, par exemple).

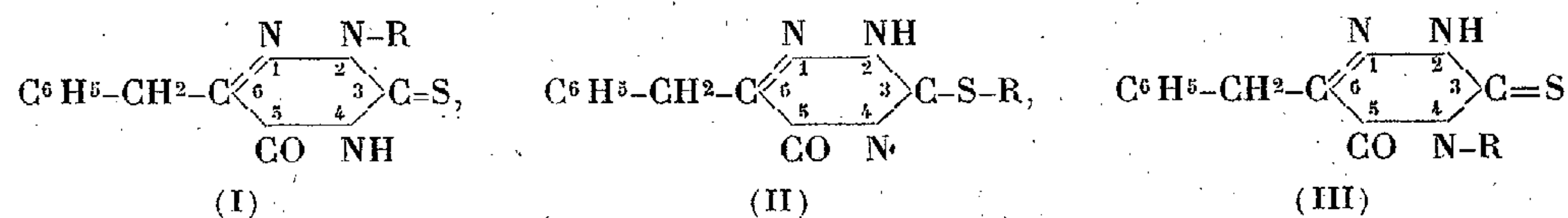
Ces appareils indiquant en fait la somme $CO + H^2 + f(C^m H^n)$, et la construction de l'abaque excluant l'hydrogène ainsi que les hydrocarbures, leur combinaison sera en défaut quand ces gaz seront présents dans les fumées.

Leur présence sera révélée, soit par la combustion d'un échantillon de fumée dans un eudiomètre ou dans un petit four, soit plus simplement par la discordance qui s'établira entre les teneurs en O^2 lues sur l'appareil et celles mesurées par une absorption sélective dans le pyrogallate de potasse ou dans l'hydrosulfite de soude.

Cette circonstance défavorable ne se rencontre en fait qu'assez rarement. Aux températures normales des fours et des foyers, l'hydrogène brûle sélectivement avant l'oxyde de carbone, ce qui a permis de limiter à CO^2, O^2 et CO l'analyse ternaire faite couramment avec l'appareil d'Orsat; au reste, si l'hydrogène est accompagné d'hydrocarbures, les indications de tous les analyseurs automatiques sont mal définies.

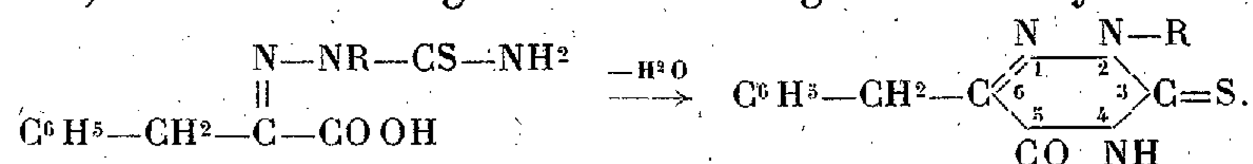
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'amalgame de sodium sur les dérivés monoalcoylés isomères de position de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4.* Note (1) de M. EUGÈNE CATTELAIN, présentée par M. Marcel Delépine.

Si l'on soumet les trois séries de dérivés monoalcoylés isomères de position de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 (2)

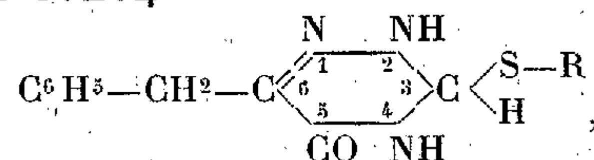


à l'action de l'amalgame de sodium à 3 %, on constate des différences inattendues.

1. *Dérivés monoalcoylés-2* (I). — L'amalgame de sodium est sans action sur ces composés; signalons qu'il est également sans action hydrogénante sur les alcoyl-2 thiosemicarbazones de l'acide phénylpyruvique, qu'il ne fait que cycliser, l'alcali libéré agissant comme agent de déshydratation :



2. *Dérivés monoalcoylés-3* (II). — Ces dérivés fixent deux atomes d'hydrogène en position 3.4, sans qu'il y ait ouverture de l'hétérocyle; on obtient ainsi le dérivé monoalcoylé-3 de la thiocéto-3 dihydro-3.4 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4



comme nous l'avons montré.

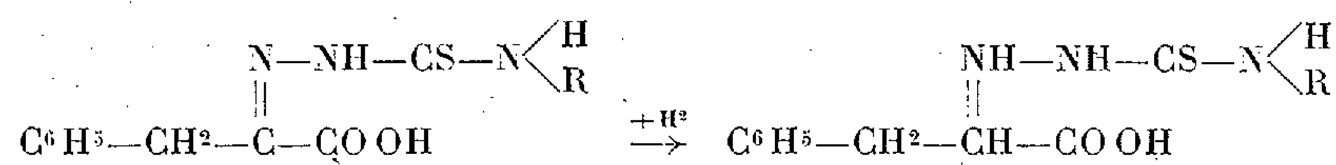
3. *Dérivés monoalcoylés-4* (III). — Nous avons signalé (3) que les dérivés monoalcoylés-4 de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4, traités par l'amalgame de sodium, étaient transformés, après ouverture du cycle

(1) Séance du 23 février 1942.

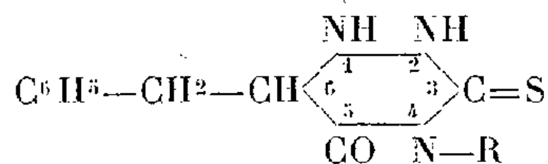
(2) E. CATTELAIN, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1912 et 210, 1940, pp. 301 et 763.

(3) E. CATTELAIN, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 763.

en 4.5 et hydrogénation en 1.6, en acides α-[alcoyl-4 thiosemicarbazido] β-phénylpropioniques isomères des acides α-[alcoyl-4 thiosemicarbazido] β-phénylpropioniques obtenus par action du même agent d'hydrogénation sur les alcoyl-4 thiosemicarbazones de l'acide phénylpyruvique :

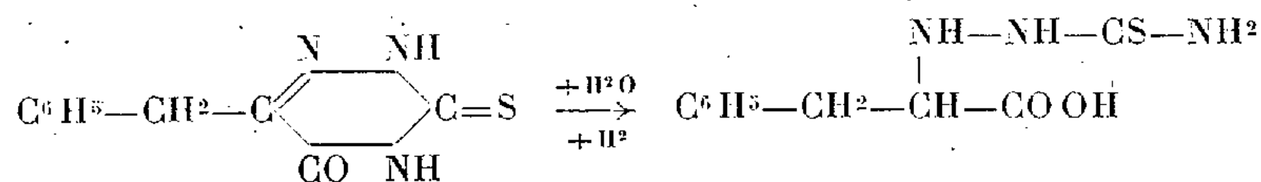


Nous nous étions basé, pour affirmer cette isomérie, sur la détermination du poids moléculaire par acidimétrie. Une observation plus attentive nous a montré que le titrage acidimétrique du produit d'hydrogénation des dérivés monoalcoylés-4 manquait de netteté et ne permettait pas une conclusion aussi formelle. Complétant nos déterminations par l'analyse élémentaire, nous avons constaté finalement que les deux composés n'étaient pas isomères et différaient entre eux par une molécule d'eau. La différence établie par l'analyse centésimale trouve une confirmation dans le fait qu'en solution alcaline le produit d'hydrogénation du dérivé monoalcoylé-4 de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1, 2, 4 est précipité par l'acide acétique, tandis que celui obtenu par hydrogénation de l'alcoyl-4 thiosemicarbazone de l'acide phénylpyruvique n'est précipitable que par l'acide chlorhydrique. Cette différenciation très nette d'acidité s'accorde avec l'hypothèse que l'hydrogénation s'effectue, sans ouverture du cycle, en 1.6, seule liaison non saturée :



Les dérivés monoalcoylés-4, dihydrogénés en 1.6, de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4, manifestent des propriétés nettement plus acides que les dérivés monoalcoylés-3 dihydrogénés en 3.4.

Conclusions. — Alors que la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4, soumise à l'action de l'amalgame de sodium, s'hydrogène en 1.6 *après ouverture du cycle* en 4.5 par hydratation :



ses trois dérivés monoalcoylés isomères de position, traités dans les mêmes

conditions, se comportent différemment, les dérivés monoalcoylés-2 ne s'hydrogénant pas, les dérivés monoalcoylés-3 s'hydrogénant en 3.4 et les dérivés monoalcoylés-4 en 1.6, *tous conservant la structure cyclique.*

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *La diffusion cristalline des rayons* X *peut être envisagée comme résultant de réflexions de Bragg, avec changement de fréquence, sur les plans d'ondes d'agitation thermique.* Note de M. **Jean Laval**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une onde élastique qui se propage dans un cristal est constituée par des oscillations des atomes qu'on peut écrire ([1])

$$\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t - \mathbf{S}_\alpha(\mathbf{m}+\mathbf{j}) + \eta_{j\alpha}],$$

ou, en posant $-\mathbf{S}_\alpha\mathbf{j} + \eta_{j\alpha} = \xi_{j\alpha}$,

$$\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi(\nu_\alpha t - \mathbf{S}_\alpha\mathbf{m} + \xi_{j\alpha}).$$

Sous cette forme, on voit que le vecteur de propagation est déterminé seulement à une translation **M** du réseau polaire près

$$\mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi[\nu_\alpha t - (\mathbf{S}_\alpha + \mathbf{M})\mathbf{m} + \xi_{j\alpha}] = \mathbf{A}_{j\alpha}\cos 2\pi(\nu_\alpha t - \mathbf{S}_\alpha\mathbf{m} + \xi_{j\alpha});$$

car le produit **Mm** est entier. Ainsi une même vibration α peut se résoudre en plans d'onde différents, qui ont comme vecteurs de propagation $(\mathbf{S}_\alpha+\mathbf{M})$, comme intervalles $1/(\mathbf{S}_\alpha+\mathbf{M})$.

Traçons, depuis l'origine O du réseau polaire, tous les vecteurs de propagation

$$\overrightarrow{Os_\alpha} = \mathbf{S}_\alpha + \mathbf{M}, \quad \overrightarrow{Os_\beta} = \mathbf{S}_\beta + \mathbf{M}, \quad \ldots.$$

Les points s_α, s_β, ... (nous dirons les points s), plus près du nœud (M_1, M_2, M_3) que tous les autres nœuds, peuvent être enfermés dans un domaine centré sur le nœud (M_1, M_2, M_3), que nous appellerons la zone (M_1, M_2, M_3). Ses faces passent à égale distance entre ce nœud et les nœuds voisins. Les vecteurs $\mathbf{S}_\alpha$, $\mathbf{S}_\beta$, ..., qui vont de son centre aux points s qu'elle contient sont les vecteurs de propagation *fondamentaux*. Prenons un cristal semblable à sa maille élémentaire, portant n nœuds sur chaque arête. Adoptons sur ses faces les conditions cycliques de Born.

Les vecteurs de propagation fondamentaux se formulent

$$\frac{q_1}{n}\mathbf{L}_1 + \frac{q_2}{n}\mathbf{L}_2 + \frac{q_3}{n}\mathbf{L}_3,$$

$\mathbf{L}_1$, $\mathbf{L}_2$, $\mathbf{L}_3$ étant les translations élémentaires du réseau polaire, q_1, q_2, q_3, des entiers

---

([1]) Laval, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 274.

L'intensité du rayonnement diffusé varie avec le vecteur $\mathbf{X}$ dont l'extrémité sera appelée *pôle de diffusion*.

Supposons le pôle de diffusion sur un point s_α $(\mathbf{X} = S_\alpha + \mathbf{M})$:

1° Le vecteur $\mathbf{X}$ est normal aux plans d'onde élastique π_α, équidistants de $1/(\mathbf{S}_\alpha + \mathrm{M})$: les ondes électromagnétiques diffractées par les électrons situés dans un de ces plans sont en accord de phase. Les ondes provenant de deux plans π_α consécutifs présentent le même accord, car leurs phases diffèrent de $2\pi\mathbf{X}/(\mathbf{S}_\alpha + \mathbf{M}) = 2\pi$. Les rayons X se réfléchissent sélectivement en premier ordre sur les plans π_α. La radiation

$$\varepsilon F_\alpha e^{i2\pi(\nu+\nu_\alpha)t} \sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X}-\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{m}}$$

forme le faisceau réfléchi. Comme le produit $(\mathbf{X} - \mathbf{S}_\alpha)\mathbf{m} = \mathbf{Mm}$ est entier, l'accord de phase existe entre les ondes diffractées par les différents motifs cristallins. L'intensité de la radiation s'élève à

$$\varepsilon^2 |F_{\alpha M}|^2 n^6; \qquad F_{\alpha M} = \sum_j f_j H_j \frac{J_1(2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha})}{J_0(2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha})} e^{i2\pi(\mathbf{Mj}+\eta_{j\alpha})}.$$

2° A la vibration α, correspond une vibration β de même fréquence, telle que $\mathbf{S}_\beta = -\mathbf{S}_\alpha$. Les plans d'onde élastique, dirigés par le vecteur de propagation $(\mathbf{S}_\beta - \mathbf{M}) = -\mathbf{X}$, réfléchissent aussi les rayons X sélectivement en premier ordre. La radiation

$$\varepsilon F_\beta e^{i2\pi(\nu-\nu_\alpha)t} \sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X}+\mathbf{S}_\alpha)\mathbf{m}}$$

constitue le faisceau réfléchi. Elle atteint une intensité

$$\varepsilon^2 |F_{\beta M}|^2 n^6; \qquad F_{\beta M} = \sum_j f_j H_j \frac{J_1(2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\beta})}{J_0(2\pi\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\beta})} e^{i2\pi(\mathbf{Mj}-\eta_{j\beta})}.$$

Suivant que la vitesse des plans d'onde élastique et le vecteur $\mathbf{X}$ ont le même sens ou des sens opposés, la radiation réfléchie est de fréquence accrue ou diminuée.

3° Si la maille *élémentaire* contient g atomes, chaque vecteur de propagation appartient à $3g$ vibrations élastiques et les radiations sélectivement réfléchies sont au nombre de $6g$. Elles ont une intensité totale

$$I = \varepsilon^2 n^6 \left(\sum_{\alpha=1}^{3g} |F_{\alpha M}|^2 + \sum_{\beta=1}^{3g} |F_{\beta M}|^2 \right).$$

4° Toute autre radiation du premier ordre est nulle. Son intensité s'exprime par

$$\varepsilon^2 |F_\gamma|^2 \left| \sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X} \mp \mathbf{S}_\gamma)\mathrm{m}} \right|^2.$$

En outre,

$$\mathbf{S}_\gamma = \mathbf{S}_\alpha + \frac{q_1}{n}\mathbf{L}_1 + \frac{q_2}{n}\mathbf{L}_2 + \frac{q_3}{n}\mathbf{L}_3$$

et q_1, q_2, q_3 sont des entiers inférieurs à n. Donc

$$\left| \sum_m e^{i2\pi(\mathbf{X} \mp \mathbf{S}_\gamma)\mathrm{m}} \right|^2 = \frac{\sin^2 \pi q_1}{\sin^2 \pi \frac{q_1}{n}} \frac{\sin^2 \pi q_2}{\sin^2 \pi \frac{q_2}{n}} \frac{\sin^2 \pi q_3}{\sin^2 \pi \frac{q_3}{n}} = 0.$$

Lorsque le pôle de diffusion ne coïncide pas avec un point s, on trouve que *le pouvoir diffusant ne diffère pas sensiblement de la valeur qu'il prendrait en plaçant le pôle de diffusion sur le point s dont il est le plus près.*

Soit σ le nombre des électrons extranucléaires contenus dans la maille élémentaire. Le pouvoir diffusant du premier ordre est

$$p_1 = \frac{1}{\varepsilon^2 \sigma n^3}.$$

Les amplitudes des vibrations élastiques sont très petites : $J_1(2\pi \mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha})$ se confond avec $\pi \mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha}$; $H_j/J_0(2\pi \mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha})$ avec H_j; et H_j avec

$$\exp.\left[\pi^2 \sum_{\alpha=1}^{3N} (\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha})^2\right].$$

Il s'ensuit que

$$p_1 = \frac{|\mathbf{X}|^2}{\sigma m} \sum_{\alpha=1}^{3g} \frac{E_\alpha}{\nu_\alpha^2} |\Phi_\alpha|^2; \qquad E_\alpha = \frac{h\nu_\alpha}{e^{\frac{h\nu_{\alpha_1}}{kT}} - 1} + \frac{h\nu_\alpha}{2};$$

$$\Phi_\alpha = \sum_j f_j H_j c_{j\alpha} \cos |\mathbf{X}\mathbf{A}_{j\alpha}| \, e^{i2\pi(\mathbf{Mj} + \eta_{j\alpha})};$$

m est la masse du motif crisitallin; $c_{j\alpha}$ un coefficient proportionnel à $|\mathbf{A}_{j\alpha}|$; m_j, m_k, ..., étant les masses des atomes, $\sum_j m_j c_{j\alpha}^2 = m$.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les buttes de la région parisienne.* Note [1] de MM. **André Cholley** et **Jean Tricard**, présentée par M. Charles Jacob.

Jusqu'à présent on a tenté d'expliquer les alignements de ces buttes par la seule considération de la structure de leur soubassement [2].

Ainsi envisagées, on peut les ramener à trois types principaux, comme le montrent les coupes établies en s'appuyant sur de nombreux sondages. La plupart des buttes de la traînée N (Saint-Witz, Dammartin etc.), les buttes de la Marne, celles de Mareil-Chatenay ont une position synclinale. D'autres, au contraire (Carnelle, partie W de Saint-Witz, Montgé) reposent sur le sommet aplati d'un anticlinal. Celles qui sont situées sur le flanc d'une ondulation anticlinale sont exclusivement établies à l'endroit où se dessine un palier.

Nous pensons qu'il faut tenir compte des couches mêmes dans lesquelles les buttes sont entaillées (Aquitanien et Stampien), ainsi que de la marche de l'érosion qui les a façonnées. Le point de départ de l'évolution se rapporte à la surface d'érosion constituée en milieu semi-aride et que jalonnent des restes de meulière en place et des éléments de meulière remaniée (surface meuliérisée) [3]. Cette surface a subi des déformations : d'abord un mouvement général de bascule vers le S, puis des ondulations de direction NO-SE et SO-NE, accompagnées de failles parallèles ou transverses, certaines même NS ou O-E [4]. A la suite de quoi s'est installé un réseau hydrographique généralement conforme.

Les sables ont été rapidement mis en affleurement sur les axes anticlinaux les plus élevés et sur le bord soulevé des compartiments basculés, constituant ainsi des zones qui ont été le point de départ du déblaiement.

En dehors de ces zones à déblaiement rapide, nous devons considérer aussi la position de la surface meuliérisée à la suite de mouvements qui ont pu se prolonger très tardivement, car c'est sa plus ou moins forte incli-

(1) Séance du 16 février 1942.

(2) Dollfus y voyait le résultat d'une inversion de relief, chaque alignement correspondant à l'axe d'un synclinal. On a remarqué depuis que cette coïncidence n'était pas une règle absolue, de nombreuses buttes étant plutôt disposées sur le flanc d'une ondulation anticlinale.

(3) Voir A. Cholley, *C. R. du Congrès international de Géographie*, Rapport de la Commission pour la cartographie des surfaces d'aplanissemement tertiaires, p. 66, Amsterdam, 1938; *Bulletin de l'Association des Géographes français*, n° 115, 1938, p. 88.

(4) Voir A. Cholley, *ibid.*, n°s 138-139, mai-juin 1941, p. 50.

naison qui a favorisé sa conservation ou précipité, au contraire, son démantèlement au cours du déblaiement ultérieur (Pliocène). La meulière, roche à la fois imperméable et hétérogène, peut offrir une résistance variable à l'érosion; quand elle se trouvera horizontale, le ruissellement aura peu de prise sur elle; il sera, par contre, très rapide sur une pente prononcée car, en entraînant les particules argileuses, il déchaussera les blocs, provoquant leur glissement.

Les éléments meuliérisés ne formant qu'une mince pellicule par-dessus les sables stampiens, dont la puissance dépasse généralement 40^{m}, le déblaiement de ceux-ci sera aussi plus aisé sur une pente prononcée, car la nappe aquifère qu'ils contiennent à leur base favorisera le travail des rivières conforme à la pente.

L'étude de quelques exemples corrobore cette manière de voir.

1° La position structurale du groupe de buttes de l'O (de Sannois à la Forêt de Carnelle) correspond à un glacis incliné plus fortement vers le SE que vers le S et comportant, en outre, une série de gouttières synclinales et de paliers (Montmorency, Nerville) orientés du NO au SE. Il se termine au N sur la vallée de l'Yzieux par le bloc faillé (faille de l'Yzieux au N, faille de Nointel à l'O) de la Forêt de Carnelle, de structure anticlinale et basculé vers le SE.

Situé en contre-bas du Vexin, où la pente des couches vers le S et le SE est plus accusée, notre compartiment a conservé la surface meuliérisée qui était, au contraire, déblayée très activement sur cette plate-forme. Au moment où l'Oise s'est enfoncée dans les sables stampiens, la bordure NO de notre région devait présenter l'aspect d'une cuesta de meulière et de sables attaquée par les petits affluents de gauche de cette rivière établis selon les lignes de dislocation. Par suite du recul des versants, les sables et la meulière ont été déblayés latéralement sur toutes les parties où la pente était plus prononcée, tandis qu'ils se sont conservés sur les parties voisines de l'horizontale : paliers (Montmorency, Nerville), sommets d'anticlinaux aplatis (Carnelle), synclinaux (Sannois).

2° Les petites buttes de Montmagny, Écouen, Mareil-Chatenay coïncident avec une série de compartiments limités par des failles ou des flexures et basculés vers le S, qui se disposent les uns à la suite des autres selon un axe NE-SO. C'est ce qui explique avec leur alignement particulier (NE-SO) qu'elles ne se trouvent pas exactement dans le prolongement des grandes buttes de l'O.

A l'E du Groud, la plaine de France est complètement privée de buttes : lacune significative. Les coupes y décèlent pourtant des ondulations

NO-SE, mais ce ne sont que des accidents secondaires sur un large glacis NS correspondant à une ondulation anticlinale transverse (NE-SO). Sur la pente plus accusée de ce glacis, ni les sables, ni la meulière n'ont tenu devant l'attaque des rivières conséquentes.

3° L'alignement si net (plus de 30^{km}) des buttes de Saint-Witz à Penchard par Dammartin est aussi en rapport avec les conditions structurales de la meulière et des sables. Les buttes de Plailly (Saint-Witz) et de Dammartin reposent dans le synclinal qui borde sur son flanc N l'anticlinal dissymétrique du Bray; celles de Montgé et de Penchard, au contraire, plus à l'E, sont établies sur ce même anticlinal, surbaissé ici sous l'effet du recoupement par l'ondulation transverse du pays de France signalée plus haut; mais elles sont conservées dans une des légères gouttières synclinales qui l'accidentent.

On peut y constater plus nettement qu'ailleurs la marche du déblaiement pliocène. Meulière et sables ont cédé devant l'attaque vigoureusement menée, sur le glacis du Pays de France, par les affluents de la Seine et de la Marne, rivières conséquentes, avantagées par le niveau de base. Comme au rebord méridional du plateau des Alluets, au-dessus de la dépression du ru de Gally, le recul de la meulière et des sables s'est effectué jusqu'au delà de l'axe même de l'anticlinal. Les traces qui en subsistent, à l'abri soit sur la retombée nord de l'anticlinal, soit dans le fond même du synclinal, constituent la ligne de partage des eaux entre le réseau du Pays de France et celui du Valois.

4° Les buttes de Paris et de la Marne s'expliquent par leur coïncidence avec une région marquée au Tertiaire par un mouvement de subsidence prononcé. La proximité de la Marne les condamnerait pourtant à disparaître si la meulière de Brie ne leur avait assuré une protection suffisante.

Dans toutes ces buttes, la forme des versants est naturellement en rapport avec la structure : versants convexes des buttes sableuses, versants concaves des buttes revêtues de meulière; on y observe aussi la trace des systèmes d'érosion qui se sont succédés au Pliocène et au Quaternaire en rapport avec les périodes plus ou moins humides ou arides. La solifluction pliocène et quaternaire a cuirassé certains versants, qui sont aujourd'hui fossilisés; on y observe aussi des dépôts limoneux toujours plus épais sur le versant exposé au NE ([5]), comme si la majeure partie des éléments avait été apportée par des vents venant de cette direction.

([5]) Cette règle se vérifie dans toute la région parisienne. La dissymétrie dans la répartition du limon sur les versants peut avoir été accentuée par l'exposition aux vents pluvieux du SO.

OCÉANOGRAPHIE. — *Étude de la composante annuelle des niveaux marins dans l'Archipel Asiatique*. Note de M. **Jean Baussan**.

On a étudié les moyennes mensuelles des niveaux marins dans l'Archipel Asiatique, moyennes qui nous ont été gracieusement communiquées par le professeur Prudman. A partir de ces données, on a extrait la composante annuelle des niveaux de la mer par la méthode d'analyse harmonique de M. et Mme H. Labrouste, toutes les fois que le nombre des données l'a permis.

On a résumé les résultats dans le tableau ci-contre, qui donne, pour chaque station marémétrique, l'amplitude maximum de la composante en centimètres (colonne I) et les dates auxquelles ont lieu les maxima de cette composante (colonne II). Les signes A, SA, QA de la colonne III indiquent respectivement la prépondérance des composantes de 12, 6 ou 3 mois; le signe E, l'égalité de ces composantes. Lorsque la date (colonne II) est entre parenthèses, elle a été évaluée directement sur le graphique des données.

On a réuni les stations étudiées en six groupes suivant l'orientation ou l'emplacement des côtes auxquelles elles appartiennent.

Le groupe I comprend les stations marémétriques de la côte Sud-Ouest de la presqu'île de Malacca et de Sumatra dans l'Océan Indien, celle de la côte Ouest de Bornéo sur la mer de Java, et celle de la côte Ouest des Célèbes. Le groupe II comprend les stations de la côte Sud de Java sur l'Océan Indien, et celles de la côte Sud de Malaya et de Bornéo sur la mer de Java. Dans le groupe III sont réunies les stations de la côte Nord-Est de Sumatra et dans le groupe IV celles de la côte Nord de Java. Dans le groupe V on a placé des stations situées dans un bras de mer entre deux îles, tandis que le groupe VI contient les stations situées dans l'Est de l'Archipel.

Les remarques suivantes ont été faites :

1° Dans les stations situées sur la côte de l'Océan, l'amplitude des composantes de 6 mois et de 3 mois l'emporte sur celle de la composante annuelle qui est prépondérante. Ces faits laissent entrevoir l'existence de deux régimes distincts de composantes annuelles : un régime océanique et un régime propre à la mer de Java.

2° D'une façon générale les composantes annuelles sont en opposition de phase sur les côtes d'exposition opposée d'une île, ou situées de part et d'autre d'un même bras de mer, sauf dans la passe de Madoera.

	1927.			1928.			1929.			1930.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III
I. Bass Harbour	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(août)	SA
Sibolga	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(août)	SA
Emmahaven	4,8	15 août	SA	4,1	15 août	SA	4,2	10 août	SA	–	(août)	SA
Benkoelen	4	20 août	SA	5,6	15 août	SA	5,8	15 août	SA	–	(août)	SA
Kroé	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(sept.)	SA
Orsthaven	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(oct.)	SA
Pontianak	–	–	–	–	(juillet)	A	39	1er juillet	A	40	1er juillet	A
Makassar	11,5	15 août	A	12,5	15 août	A	11,5	15 août	A	–	(août)	A
II. Plaboean Raboe	–	–	–	–	–	–	–	(mars)	SA	–	(mars)	SA
Tjilatjap	11,6	20 fév.	QA	9,4	20 fév.	QA	9	20 fév.	QA	–	(fév.)	QA
Padjitan	–	–	–	–	(janv.)	QA	–	(janv.)	QA	–	(janv.)	QA
Molsangketjil	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(janv.)	A
Bandjermasin	–	(fév.)	A	–	(fév.)	A	22	15 fév.	A	20	20 fév.	A
Johore Barhu	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(janv.)	A
III. Belawan	9	1er août	A	12	10 août	A	11,6	10 août	A	10,8	1er août	A
Bengkalis	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(nov.)	SA
Prigi Radja	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(déc.)	SA
Tambilahan	–	–	–	–	(janv.)	A	–	(janv.)	A	–	(janv.)	A
Soensang	–	–	–	–	(janv.)	A	14,8	25 janv.	A	13,3	5 fév.	A
Oepang	–	–	–	–	(janv.)	A	–	(fév.)	A	–	(fév.)	A
IV. Batavia	–	–	–	–	(juillet)	A	6,4	15 juill.	A	6,7	10 juill.	A
Tandjong Priok	–	(juillet)	A	6,7	10 juill.	A	6,8	10 juill.	A	–	(juillet)	A
Cheribou	5,4	25 juin	A	5,3	25 juin	A	5	20 juin	A	–	(juin)	A
Tegal	9	20 juin	A	8,3	20 juin	A	8,4	20 juin	A	–	(juin)	A
Pekalongan	–	(juin)	A	4,6	5 juin	A	5	5 juin	A	–	(juin)	A
Semarang	3,6	1er juin	A	3,5	1er juin	A	3,7	5 juin	A	–	(juin)	A
Toeban	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(mai)	A
V. Soerabaya	3,8	20 nov.	A	3,8	20 nov.	A	4	20 nov.	A	–	(nov.)	A
Sambilangan	4,3	25 nov.	A	4,4	25 nov.	A	4,7	25 nov.	A	–	(nov.)	A
Djamoeanrif	4,4	15 nov.	A	3,8	15 nov.	A	4,1	15 nov.	A	–	(nov.)	A
VI. Manado	–	(mars)	A	–	(mars)	A	2,4	15 mars	A	–	–	–
Amboina	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	(mars)	A

3° On constate une propagation de cette composante annuelle. Sur la côte de Sumatra, la propagation a lieu de l'Ouest vers l'Est. Très rapide sur la côte Ouest, elle est beaucoup plus lente entre la presqu'île de Malacca et cette île. Sur les côtes de Java, la propagation a lieu de l'Est vers l'Ouest et très lente. Les stations du groupe V font exception à cause de la situation tout à fait spéciale dans une passe très étroite.

L'ensemble de ces remarques paraît indiquer l'existence d'un phénomène périodique d'orientation Est-Ouest.

MÉTÉOROLOGIE. — *Détermination du nombre de gouttes par unité de volume et de l'humidité relative dans les nuages.* Note de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous nous sommes proposé, au sommet du Puy de Dôme, d'adapter à l'étude des nuages les méthodes électriques imaginées par MM. Pauthenier et Brun, et appliquées par eux aux brouillards artificiels.

I. Pour dénombrer les gouttes, nous avons employé l'appareil qu'ils avaient utilisé, et qu'ils ont bien voulu nous confier. La méthode (¹) consiste à aspirer le brouillard dans un tube cylindrique de métal de 6^{cm} de diamètre et de 50^{cm} de longueur, et à projeter les gouttes sur la paroi intérieure de celui-ci; cette paroi est recouverte de papier photographique brillant sur lequel on a écrasé du bleu de méthylène, l'écran ainsi constitué faisant apparaître les traces des gouttelettes, que l'on peut dénombrer. Le tube est muni d'un fil axial très fin, et l'on introduit entre celui-ci et la paroi une différence de potentiel de 15000 volts environ.

Nous avons constaté, au cours d'essais préalables, que le papier sensible, exposé au brouillard et à l'action seule du vent, présentait des traces de gouttelettes. Pour éviter cet inconvénient et obtenir un dénombrement correct, nous avons disposé l'axe du cylindre verticalement, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction du vent, sa partie inférieure, sur une longueur de 15^{cm} environ, n'étant pas munie de papier sensible; les deux extrémités étaient obturées en temps voulu.

En même temps qu'était fait ce prélèvement, on a déterminé la distance à laquelle cessait d'être visible un objet sombre (mât noirci); d'après Trabert (²), cette distance l est liée à la masse m d'eau condensée par unité de volume et au rayon moyen r des gouttes correspondantes par la formule

$$l = C\frac{2r}{m},$$

l étant exprimé en mètres, r en microns, et m en grammes par centimètre cube; nous avons pris pour C la valeur adoptée par Richardson (³), soit $C = 2,9.10^{-6}$. Pour que cette relation soit valable, il est nécessaire

(¹) M. Pauthenier et E. Brun, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 295.

(²) *Met. Zeits.*, 18, 1901, p. 518.

(³) *Proc. of the Roy. Soc.*, série A, 96, 1920, p. 19.

que l'objet se détache sur le nuage lui-même, ce dont on peut s'assurer en vérifiant qu'en l'absence de brouillard il se trouve au-dessus de l'horizon.

N désignant le nombre, directement apprécié, de gouttes par centimètre cube; l_1 la distance de visibilité, calculée en appliquant la formule de Trabert, connaissant ce nombre et le rayon moyen des gouttes déterminé par la méthode microscopique; *m* la masse d'eau condensée calculée à partir de la même formule, connaissant la distance de visibilité et le rayon moyen des gouttes, nous avons obtenu les résultats suivants :

r	3,6.	4,8.	5,5.	7,0.	7,3.	8,0.	8,0.	10,0.	11,0.
N	1900	900	960	790	630	137	545	80	138
l	53	67	55	40	50	>100	–	>100	70
l_1	55	66	47	35	42	150	40	140	82
$m\,(.10^{-6})$	0,39	0,41	0,58	1,01	0,84	–	–	–	0,91

Le nombre de gouttes N ainsi déterminé n'est valable qu'en un point donné, c'est pourquoi, étant donné le manque d'homogénéité des nuages, les distances de visibilité que nous avons calculées ne donnent que les ordres de grandeur de celles que l'on peut apprécier directement; on voit que ce nombre N est voisin, en moyenne, de 1000 gouttes par centimètre cube, résultat conforme aux prévisions de J. Coulomb ([4]). Les valeurs de la masse d'eau condensée par unité de volume sont comparables à celles qui furent obtenues par H. Kohler ([5]).

A la suite d'une quarantaine d'essais, nous avons conclu que, dans les nuages, la visibilité ne paraissait pas directement liée aux dimensions des gouttes correspondantes. Il en résulte qu'en moyenne la masse d'eau condensée augmente avec le rayon moyen des gouttes, alors que leur nombre diminue. Nous avons montré ([6]) que les stratus et cumulus sont généralement constitués par des gouttes de plus petit rayon que les strato-cumulus et nimbo-stratus. Celles-ci seraient donc plus nombreuses, en général, dans les premiers que dans les seconds.

II. Les mesures d'humidité relative que l'on fait dans les nuages avec un psychromètre ordinaire sont douteuses du fait que les gouttes de brouillard, en se déposant sur les thermomètres de l'appareil, peuvent modifier leurs indications. On évite cet inconvénient en opérant de la façon suivante : l'air chargé de brouillard traverse un tube métallique

([4]) *La Physique des nuages*, Paris 1939, p. 132.

([5]) *Geofysiske Publikasjoner*, 5, 1, Oslo, 1927, p. 6.

([6]) *Ann. de Phys.*, 2e série, **14**, 1940, p. 162.

de 60^{cm} de longueur et 10^{cm} de diamètre intérieur, muni d'un fil axial très fin. Par un dispositif convenable, on fait ruisseler sur la paroi intérieure du tube, dont l'axe est vertical, une nappe d'huile continue. En introduisant une différence de potentiel de 20000 volts environ entre le fil et le tube, on précipite les gouttes, qui pénètrent à l'intérieur de la nappe d'huile et ne peuvent plus s'évaporer; pour que l'air ne soit pas sensiblement échauffé par le courant d'ionisation, la tension n'est établie que par intermittences. Afin d'éviter que la nappe d'huile ne soit agitée de remous, et d'obtenir une précipitation régulière, l'appareil est muni d'une cage d'écureuil de 9^{cm} de diamètre ayant même axe que le cylindre, constituée par des fils fins distants de 1^{cm} et jouant le rôle de grille (7). L'air ainsi débarrassé des gouttelettes pénètre dans le psychromètre, dont le fonctionnement devient normal.

Au cours des essais que nous avons faits avec cet appareil, nous avons constaté que l'humidité relative, dans les nuages stables, est voisine de 95 %, et que l'on peut atteindre la saturation dans les nuages à grosses gouttes (rayon moyen supérieur à 8^{μ}). Par contre, dans certains nuages instables, elle peut s'abaisser jusqu'à 75 %. Ces résultats peuvent expliquer, dans les phénomènes de givrage, la durée de congélation anormale que nous avions observée pour une goutte d'eau exposée au vent (*Ann. de Phys.*, 2e série, 6, p. 174); ils sont à rapprocher de ceux qui furent obtenus par Brazier et Perdereau (*La Météorologie*, 22 juillet 1935, p. 313) dans les brouillards de plaine.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Les origines de la couche* E *de l'ionosphère.* Note de M. **Raymond Jouaust**, présentée par M. Charles Maurain.

La variation de son ionisation pendant les éclipses, la proportionnalité de cette ionisation à la racine carrée de l'angle zénithal du Soleil, montrent bien que la région E de l'ionosphère, région située entre 100 et 120^{km}, est due à un phénomène photoélectrique. Mais, jusqu'ici, on n'a pu préciser quels constituants de l'atmosphère étaient soumis à la photoionisation et sous l'influence de quelles radiations. La molécule d'azote, dont le potentiel d'ionisation est 15,6 eV (1), l'atome normal d'oxygène 13,5 eV

(7) M. Pauthenier et E. Brun, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1081.

(1) D'après M. de Hemptinne et J. Savard, *Journal de Physique*, série VII, **6**, 1935, p. 499.

nécessiteraient pour être ionisés des radiations de 790 Å et 915 Å, trop absorbables pour avoir encore une action à 100^{km}. Certains physiciens ont pensé qu'il s'agissait de la molécule d'oxygène, dont le premier potentiel d'ionisation est 12,5 eV, mais, outre que la radiation correspondante (985 Å) est encore bien absorbable, Gauzit (²) a montré qu'à l'altitude de 100^{km}, les molécules d'oxygène deviennent excessivement rares.

On est donc amené à admettre que l'ionisation doit se produire non sur un atome normal, mais sur un atome excité à l'état métastable. Or précisément l'étude de la lumière du ciel nocturne montre que c'est à 100^{km} que se produit la raie 5577 Å correspondant à la transition $O(^1S) \rightarrow O(^1D)$, ce qui implique à cette altitude l'existence d'atomes métastables $O(^1S)$. L'énergie correspondant à cet état étant de 4,18 eV, il suffira pour provoquer son excitation d'une énergie de 9,32 eV correspondant à une radiation de 1323 Å, radiation dont l'intensité à 100^{km} est encore suffisante pour produire des phénomènes de photoionisation notables.

Le mécanisme invoqué par Jean Cabannes et Rose Aynard (³) pour expliquer la production de $O(^1S)$ explique la basse altitude de E. D'après ces physiciens, seul l'atome $O(^1D)$ serait produit directement par la lumière solaire, les radiations de 1751 Å décomposant O^2 en $O(^3P)$, état normal, et $O(^1D)$.

Les atomes $O(^3P)$, pour satisfaire aux principes de la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement, ne peuvent se combiner que par choc avec un troisième atome. Si celui-ci est un atome d'oxygène, le bilan des énergies mises en jeu montre qu'il se forme une molécule d'oxygène et un atome $O(^1S)$. On voit donc que ces atomes ne peuvent se produire que là où les chocs sont les plus nombreux, c'est-à-dire dans les régions basses de l'ionosphère.

Un mécanisme du même genre permettrait d'expliquer pourquoi, dans le spectre des aurores polaires, on n'observe qu'à la base l'émission de la raie 5577 Å.

(²) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 695.

(³) *Journal de Physique*, série VII, **10**, 1939, p. 455.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Preuves directes de la contribution des Diatomées à la genèse de certains silex.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

La notion de l'apport de silice par les Diatomées, lors de la genèse de certaines catégories de silex, est déjà fort ancienne. Elle n'est cependant pas encore devenue classique. Il est vrai que jusqu'à présent ce n'était, en fait, qu'une hypothèse appuyée surtout par des arguments purement logiques, basés souvent eux-mêmes sur des constatations négatives. D'ailleurs, le nombre des Diatomées observées dans des silex (*sensu lato*) était, avant la publication de mes récentes recherches (¹), extrêmement réduit et certaines identifications même, n'étaient pas indiscutables.

Dans ma dernière Note, j'ai décrit des vestiges de Diatomées discoïdes dans des silex ménilites sahéliens d'Oranie (Saint-Denis-du-Sig). Les valves de ces Diatomées, disparues ou indiscernables en majorité, ont évidemment cédé leur silice à la roche. Mais cet apport ne représente, dans les cas les plus démonstratifs, qu'une petite fraction de l'opale des silex, du dixième au cinquième environ. Or, de par leur situation même, ces silex n'ont pu, logiquement, tirer leur silice que des Diatomées.

L'étude du cortex (²) de ces silex et des portions de roches avoisinantes, tant vers l'intérieur du silex que vers la roche qui l'entoure, éclaire la solution du problème. Ce cortex, souvent formé d'opale largement mamelonnée, parfois très calcarifère, comporte, dans certains échantillons favorables, une couche blanche un peu friable, presque entièrement composée d'opale en très petits granules, de 3/4 de micron à 5µ environ, et que j'appellerai *opale microgranulaire* (³). Certaines préparations la présentent à l'état presque pur, mélangée seulement de quelques coccolithes et cristaux de calcite. D'autres montrent les grains d'opale, accompagnés de très fins débris siliceux de Diatomées en bâtonnets, ou en fragments de

(¹) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 878; 214, 1942, p. 319.

(²) Je désigne sous ce nom de *cortex* la partie externe, corticale, des silex, que l'on a appelée longtemps, en France, *patine*. Ce dernier terme a une signification précise qui, ainsi que L. Cayeux l'a démontré plusieurs fois, ne peut absolument pas s'appliquer à la classique patine des silex.

(³) Dans le cas présent, cette opale microgranulaire est nettement différente de la silice, ou opale sphérulaire (ou globulaire) des auteurs.

forme indécise, beaucoup mesurant tout au plus quelques dixièmes de micron. Faisant insensiblement suite à cette couche, on trouve une zone de composition analogue, contenant, de plus, des débris de Diatomées atteignant 30 à 40$^{\mu}$ et qui sont d'innombrables stylets, terminant les calyptres de formes strictement planctoniques du genre *Rhizosolenia*. Ici comme précédemment, on trouve, assez fréquemment, des granules d'opale soudés à des débris de Diatomées. Enfin la gangue qui entourait l'un de mes échantillons, prélevé en plein banc de diatomite, est formée, en majeure partie, d'une masse de petits débris de Diatomées planctoniques ([4]), avec quelques représentants des Diatomées discoïdes (si nombreuses dans d'autres diatomites d'Oranie), et, par place, un peu d'opale microgranulaire.

Cette fine poudre siliceuse, constituée par des débris de Diatomées, a son équivalent dans des roches et dans des vases à Radiolaires. C'est ce que les océanographes anglais nomment *fine washing* et que je désignerai désormais du nom de *micropèle* ([5]). Ce micropèle *est, ici, le générateur de l'opale microgranulaire.*

Revenons au silex lui-même. Sous le cortex on trouve, dans sa masse, des zones d'opale microgranulaire, dont les grains sont fortement cimentés par de l'opale. Ces zones sont parfois encore spongieuses, parfois compactes. Enfin l'opale même de la masse du silex, de structure presque homogène, peut encore montrer les traces de l'opale microgranulaire, cette fois sous forme de vides, épousant la physionomie et les dimensions des grains, ce qui prouve donc une remise en solution sur laquelle je reviendrai ailleurs.

Ainsi se trouve établie une série continue, du point de vue morphologique, entre le micropèle à Diatomées planctoniques et la masse d'opale des silex, preuve directe évoquée dans le titre de cette Note. Y a-t-il liaison chronologique entre les divers stades énumérés ? Cela n'est pas démontré.

D'ores et déjà, on mesure l'importance des micropèles à Diatomées, et des micropèles en général, qui correspondent à un seuil quant aux dimensions des particules, en relation avec leur évolution lithogénétique.

([4]) Des microphotographies de ces échantillons seront publiées ultérieurement.

([5]) Micropèle : boue constituée par des débris microscopiques d'organismes, généralement des Protistes, débris dont la taille est de l'ordre du micron, ou de quelques microns.

Dans les cas exposés dans mes deux dernières Notes, la présence de vestiges de Diatomées discoïdes coïncide avec l'absence de traces, dans les silex engendrés, de micropèle à Diatomées. Le rôle joué par les fragiles Diatomées planctoniques est ainsi masqué et il serait donc nettement plus important qu'on ne l'a cru jusqu'ici, tout particulièrement pour ce qui regarde certains silex de la craie, dont la genèse, à partir de spicules de Spongiaires, s'explique assez difficilement.

ZOOLOGIE. — *Quelques observations sur les stades postphyllosomiens des Crustacés loricates des eaux indochinoises*. Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

La métamorphose de la larve *Phyllosoma* reste très peu connue. Bouvier, à qui nous devons un Mémoire très précieux (1913) consacré à ce problème, affirme que la Phyllosome de *Palinurus* ne se transforme pas directement en une jeune Langouste définitive, mais passe encore par une phase intermédiaire nageuse, qui a reçu le nom de *Puerulus*. Se basant sur le fait précédent, Bouvier a émis l'idée que, chez les Scyllares aussi, la Phyllosome, avant de se transformer en la forme définitive marcheuse, passe une phase nageuse, qui n'est autre chose que la forme *Nisto*, décrite par Sarato comme un genre indépendant de *Scyllaridæ*. La question s'est trouvée singulièrement compliquée quand Fedele (1925) eut publié sa Note sur la métamorphose de *Scyllarus arctus* de la Méditerranée, dans laquelle il affirme qu'il a vu la Phyllosome se transformer, en ce cas, directement en un jeune Scyllare rampant. Après les recherches de Fedele, le problème a donc sollicité de nouvelles observations.

Au cours d'études méthodiques, poursuivies cinq ans sur la faune pélagique indochinoise, j'ai cherché toujours l'occasion d'élucider cette question. Les Phyllosomes abondent souvent dans le plancton des côtes d'Annam, surtout pendant la belle saison (mousson de Sud-Ouest). Vers la fin de cette période, elles apparaissent parfois, dans les parties ouvertes de la Baie de Nhatrang, en essaims très considérables, et l'on y pêche de temps en temps des individus de fort grande taille. A plusieurs reprises, j'ai tâché d'élever ces Phyllosomes gigantesques dans nos aquariums; mais, dans la majorité des cas, ces tentatives ont échoué. Pour réussir cette expérience, il faut avoir la chance de tomber sur une larve toujours prête à effectuer la métamorphose ultérieure. Cet heureux hasard ne s'est

présenté, dans ma pratique indochinoise, que trois fois : fin septembre 1930, fin août 1933 (baie de Nhatrang) et commencement d'octobre 1931 (baie de Tourane). Dans tous les cas, j'ai eu affaire à de fort belles Phyllosomes d'un *Panulirus* (ce genre remplace, dans l'Indo-Pacifique, le genre européen *Palinurus*), dont le corps atteignait 35-40^{mm} de longueur. Le premier coup d'œil sur les larves en question m'a donné la certitude qu'elles se trouvaient à une phase critique de leur existence phyllosomienne. Ces Phyllosomes présentaient, en effet, un aspect tout à fait inusuel. Leur corps, au lieu d'être aplati dorso-ventralement en feuille et parfaitement transparent, était *fortement bombé et absolument opaque*. Les larves pêchées dans la baie de Nhatrang se tenaient parmi les algues flottantes, dont les accumulations apportées par des courants envahissaient, à cette époque, la partie ouverte de la baie. La larve capturée à Tourane a été pêchée à 3-4 mètres de profondeur, dans l'eau libre, mais fortement troublée par la crue de la rivière et perturbée par une série de facteurs hydrobiologiques, caractéristiques de ces parages pendant la saison hivernale (voir ma Note consacrée au plancton indochinois, 1936). Cette Phyllosome a péri sans avoir commencé les changements ultérieurs de sa métamorphose. Au contraire, cinq larves capturées dans la baie de Nhatrang sont restées vivantes dans les grands bacs du Laboratoire de Caûda. Elles ont effectué leur métamorphose pendant la deuxième nuit de leur captivité. Jusqu'au coucher du Soleil, je les ai vues toujours passives à la surface de l'eau, parmi les algues, dans un état apparent de prostration. Le second matin, toutes les larves ont été trouvées transformées en petits crustacés, ayant l'aspect de Langoustes en miniature, mais *nageant*. Il convient de faire remarquer que ces Crustacés minuscules, tout en présentant dans les grandes lignes l'organisation extérieure de la forme définitive, s'en distinguaient par quelques caractères importants, parmi lesquels notons la transparence plus ou moins prononcée de l'organisme; quelques détails de structure de sa carapace et surtout celle des pléopodes, plus développés que chez l'adulte. Toutes ces différences morphologiques sont suffisantes pour justifier la création, pour cette phase postphyllosomienne de *Panulirus*, le nom spécial de *Puerulus*. D'autre part, j'insiste sur le fait que ces *Puerulus*, pendant tout leur séjour dans mes aquariums (60 à 72 heures) *se comportaient comme des organismes pélagiques*. Ils nageaient très activement, et c'est seulement pendant la nuit qu'ils manifestaient de temps en temps une tendance à descendre au fond et à s'y aggriper aux blocs de madréporaires.

Je n'ai pu observer le passage précis de la Phyllosome au *Puerulus* que chez une seule larve (les autres se sont transformées en mon absence), et je peux affirmer que le *Puerulus* se libère de sa mue phyllosomienne, sans que la Phyllosome touche au fond. En effectuant sa mue définitive, la larve que j'ai observée restait parmi les ramifications des thalles des sargasses, ce qui favorisait l'accomplissement de la mue. D'ailleurs, dans tous les cas que j'ai observés de larves transformées en *Puerulus*, j'avais trouvé leurs mues attachées aux algues. Je me demande même si les Phyllosomes prêtes à la métamorphose ne cherchent pas spécialement quelque substratum flottant qui favoriserait la réalisation de la mue en phase nageuse.

Il me reste à indiquer que le *Puerulus* sort de son exuvie phyllosomienne par une large fente pratiquée sur le dos de la larve, entre le bouclier dorsal et le thorax.

En résumé, quelque fragmentaires qu'elles soient, mes observations justifient pleinement la manière de voir de Bouvier, en ce qui concerne la métamorphose de Palinuridés. Quant aux *Scyllaridæ*, je ne peux affirmer que la larve *Nisto* représente bien le stade post-phyllosomien nageant de *Scyllarus*, comme le croit Bouvier. Ce qui est certain, c'est que les jeunes *Scyllaridæ* de la mer de Chine se rencontrent souvent à l'état nageant. J'ai pêché dans le plancton des individus dont la longueur ne dépassait pas 15^{mm}. Ils ne se distinguaient de la forme définitive que par quelques traits insignifiants qui, selon mon opinion, ne méritaient guère un nom larvaire spécial; mais il est possible que j'aie eu affaire à des formes déjà évoluées. N'ayant pas pu observer le stade initial de cette phase nageuse, je ne me sens pas autorisé, pour le moment, à discuter cette question.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}45^m.

L. B.

ERRATA.

(Séances des 25 août et 22 décembre 1941.)

Allocutions de M. le *Président* :

Page 282, ligne 2, *supprimer* et bientôt après Recteur de l'Université.
Page 898, ligne 5, *supprimer* puis recteur de l'Université.

(Séance du 9 février 1942.)

Note de M. *Jean Laval*, Composition des rayons X diffusés par un cristal perturbé par l'agitation thermique :

Page 275, ligne 15, *au lieu de* $\mathcal{J}_{0(z)}$, $\mathcal{J}_{1(z)}$, $\mathcal{J}_{2(z)}$, *lire* $\mathcal{J}_0(z)$, $\mathcal{J}_1(z)$, $\mathcal{J}_2(z)$; ligne 2 en remontant, *au lieu de* s si $i = j$, *lire* 1 si $i = j$.

(Séance du 16 février 1942.)

Note de Mlle *Marie Théodoresco*, Étude par effet Raman des complexes molybdomaliques :

Page 314, ligne 3, *au lieu de* MoO^2, *lire* MoO^3.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 MARS 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès, survenu le 3 mars 1942, à Paris, de M. **PAUL MARCHAL**, Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie.

Notice sur PAUL MARCHAL, par M. **CHARLES PÉREZ**.

La mort vient de nous arracher **PAUL MARCHAL**, et c'est le cœur empli d'une immense tristesse que j'apporte le suprême hommage de l'Académie des Sciences à la mémoire de ce grand naturaliste.

Dès ses premières publications, qui datent déjà d'un demi-siècle, Paul Marchal se révélait comme un observateur d'une perspicacité exceptionnelle. Dans sa Thèse de médecine, consacrée à la désassimilation de l'azote chez les Invertébrés, il montre l'acide urique souvent remplacé par des corps chimiques tout différents, une leucomaïne chez les Sangsues, l'acide carcinurique chez les Crustacés. Dans sa Thèse de doctorat ès sciences sur l'anatomie des organes excréteurs chez les Crustacés Décapodes, il apporte, avec des moyens nouveaux de technique opératoire, une foule de faits insoupçonnés, comme l'existence du labyrinthe et des volumineuses vessies urinaires des Crabes et des Bernard-l'Ermite.

Mais il ne s'attarde pas à ces recherches de zoologie marine : sa vraie vocation, déclarée dès l'enfance, est l'étude des Insectes; un hasard administratif va la favoriser : deux ans après sa Thèse, il est appelé à l'emploi nouveau de Chef des travaux à la Station Entomologique créée par le Ministère de l'Agriculture, puis chargé du cours et bientôt titulaire de la

Chaire de Zoologie appliquée à l'Agriculture à l'Institut National Agronomique. C'est dans ces mêmes fonctions que se déroulera toute sa féconde carrière, en même temps que dans son jardin personnel d'Antony, qui fut son champ permanent d'expériences et son véritable laboratoire.

Il consacre bientôt à la reproduction des Guêpes un Mémoire plein d'aperçus ingénieux. Chez ces Insectes, dont la société est moins évoluée que la ruche des Abeilles, il existe entre la mère fondatrice et les ouvrières totalement stériles une série d'intermédiaires, de fécondité inégalement réduite, et qui sont éventuellement capables de pondre des œufs. Marchal a montré que la présence dans le nid d'une reine activement féconde est la condition déterminante de la stérilité des ouvrières, physiologiquement épuisées par leurs fonctions de nourrices du couvain; c'est ce qu'il a appelé la *castration nutriciale*.

Dans ce Mémoire, où il examine d'une manière très suggestive l'origine évolutive des sociétés d'Insectes, P. Marchal a écrit : « La présence du mystérieux dans un ordre de faits est un présage certain de nouvelles découvertes réservées pour l'avenir. » C'est sans doute la formule du secret magique utilisé par lui-même pour être conduit à ses magnifiques trouvailles.

De multiples mystères entouraient la reproduction d'un minuscule Hyménoptère Chalcidien, l'*Ageniaspis*, parasite d'une Chenille, l'Hyponomeute du Fusain sauvage. Paul Marchal les a simultanément résolus par une observation décisive qui avait échappé à tous ses devanciers et établi la réalité incontestable d'une histoire évolutive déconcertante qui reste une des merveilles de l'Entomologie.

C'est dans l'œuf récemment pondu par le Papillon que la femelle d'*Ageniaspis* inocule elle-même un seul œuf; mais ce germe unique, au lieu de se différencier aussitôt, prolifère en cellules banales, puis se morcelle en cent à deux cents fragments dont chacun donnera plus tard un embryon complet et finalement un Insecte parfait. Tous ces frères jumeaux multiples sont du même sexe, parce que le sexe a été fixé au moment même de la ponte de l'œuf, femelle ou mâle suivant que l'œuf a été fécondé ou non, et que ce sexe se maintient à travers tous les morcellements de cet œuf. Cette découverte sensationnelle eut dans le monde entier un grand retentissement. Au processus si remarquable qu'il a appelé *polyembryonie* le nom de Paul Marchal reste attaché pour toujours. Ce fut sans doute le titre principal qui lui ouvrit dès 1912 les portes de l'Académie des Sciences.

Dans cette brève Notice, où je ne puis qu'effleurer à peine les sommets,

je me contenterai d'une allusion rapide à tant d'autres Mémoires magnifiques sur les larves étranges des *Platygaster* et sur les galles à cellules géantes qu'elles déterminent dans les ganglions nerveux de leurs hôtes, sur le développement d'autres Hyménoptères parasites comme les *Trichogramma*, sur la métamorphose des femelles et l'hypermétamorphose des mâles chez les Cochenilles *Margarodes*, sur le cycle des *Chermes*, Pucerons cécidogènes des Conifères et le curieux phénomène de *spanandrie*, c'est-à-dire de raréfaction des mâles, qui entraîne chez ces Insectes la disparition progressive de la reproduction sexuée.

Je dois cependant m'arrêter un instant à l'ensemble de travaux que P. Marchal a consacrés à la biologie des Pucerons. Un groupe d'espèces, les Eriosomiens, sont foncièrement parasites des Ormes, où ils déterminent des galles caractéristiques; mais ils sont susceptibles d'émigrer à la belle saison sur des plantes toutes différentes et de s'y propager temporairement sous forme de générations parthénogénétiques, pour revenir en sens inverse à l'Orme, où s'accomplit avant l'hiver la reproduction sexuée. L'origine de ce groupe est à rechercher dans des espèces dont tout le cycle s'accomplit, sans migration, sur l'Orme, et l'on peut envisager comme terme de son évolution la ségrégation d'espèces perdant leur reproduction sexuée par absence de l'Orme et arrivant à subsister indéfiniment par parthénogénèse sur la plante accessoire : tel est le cas du Puceron lanigère, venu d'Amérique, qui ne trouve généralement pas chez nous l'Orme américain, son hôte originel régulier, et ne prospère que trop bien sur nos Pommiers.

Paul Marchal ne s'est pas borné à élucider l'histoire de ces Insectes en morphologiste et en théoricien de l'évolution; il ne pouvait se désintéresser de leur importance économique en raison des pertes énormes qu'ils occasionnent aux récoltes. La connaissance approfondie qu'il avait acquise de leur biologie lui permettait de trouver les solutions adéquates à la lutte contre leurs dégâts : quelle ingéniosité et quelle élégance d'aller chercher aux États-Unis, patrie d'origine du Puceron lanigère, et d'acclimater chez nous un Hyménoptère infime, l'*Aphelinus mali*, qui, là-bas, réfrène naturellement l'extension du Puceron; d'importer d'Australie la Coccinelle *Novius cardinalis* pour combattre les ravages causés par la Cochenille *Icerya* dans nos vergers du Midi!

Le Ministère de l'Agriculture avait, semble-t-il, pressenti tous les services qu'il pouvait attendre de P. Marchal en créant pour lui, dès sa jeunesse, la Station Entomologique de Paris. Lorsqu'en 1911 les vignobles

français eurent particulièrement à souffrir des ravages de la *Cochylis* et de l'*Eudemis*, Marchal fit créer cinq stations entomologiques régionales qui firent, sous sa haute direction, la plus utile besogne et furent ensuite encore multipliées.

En 1913, il fut le principal fondateur des *Annales des Épiphyties*, dont il resta le rédacteur en chef et l'inspirateur permanent. Il était au Ministère de l'Agriculture le conseiller le plus écouté. Ainsi à côté de l'œuvre scientifique si brillante de P. Marchal doit être exaltée son œuvre pratique, d'une répercussion économique immense. Ce fut un grand bienfaiteur public.

Rarement sans doute des mérites aussi éclatants parèrent un homme aussi modeste et aussi réservé; il se dérobait aux honneurs et déclina celui de présider à son tour notre Compagnie; une âme sensible et palpitante se cachait cependant sous ce masque de timidité : deux fois à ma connaissance, en 1926, dans la Séance publique des Cinq Académies et en 1932, comme Président du Congrès International d'Entomologie réuni à Paris, il voulut bien accepter la vedette et, libéré pour un moment de ses entraves ordinaires, il se livra tout entier dans des discours lyriques d'une magnifique envolée. Sans doute n'avons-nous pas connu tous les trésors qu'il portait en lui.

Nous aimions cette tête si fine qu'auréolait le génie et qui gardait jusque dans la vieillesse un charme juvénile; mais depuis quelques mois il avait déserté nos séances : un mal secret minait ses forces et tirait ses traits; son intelligence inquiète se tourmentait devant un dernier mystère, celui de sa propre souffrance, qu'il n'éluciderait plus. Gardienne de sa mémoire, l'Académie adresse à Mme Paul Marchal et à ses enfants ses vives condoléances; elle partage leur affliction et leur deuil.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'emploi du théorème de Bernoulli pour faciliter le calcul d'une infinité de coefficients. Application au problème de l'attente à un guichet.* Note de M. **Émile Borel**.

Sous sa forme la plus simple, le problème de l'attente à un guichet se ramène au calcul des nombres p_n que nous allons définir.

Soit une infinité de points A_n distribués au hasard sur une demi-droite Ox, l'unité de longueur étant choisie telle que la densité moyenne soit égale à l'unité. On sait que la probabilité pour qu'il y ait k points sur un intervalle de longueur a est alors $a^k/k!\, e^{-a}$.

Ayant choisi une longueur fixe σ, transformons la distribution des A_n d'après les règles suivantes. Soit A_1 le premier point à la droite de O et A_1B_1 un intervalle égal à σ à droite de A_1 ; si A_1B_1 ne renferme aucun point A_i, nous dirons qu'il forme une *série* d'un intervalle et le point A_2 le plus rapproché de B_1 sera pris comme origine d'une deuxième série.

Si A_1B_1 renferme α points A_i, nous porterons, à droite de B_1, α intervalles contigus égaux à σ; soit $B_1B_2 = \alpha\sigma$ l'ensemble de ces intervalles. Si B_1B_2 ne renferme aucun point A_i, notre première série sera formée des $\alpha+1$ intervalles A_1B_2 ; si B_1B_2 renferme β points A_i, nous placerons, à droite de B_2, β intervalles contigus égaux à σ, soit $B_2B_3 = \beta\sigma$ et nous continuerons de même jusqu'à ce que la série soit terminée, c'est-à-dire jusqu'à ce que les derniers intervalles $B_{n-1}B_n$ ne renferment aucun point A_i. Nous prendrons alors pour point de départ d'une nouvelle série le point A_i le plus rapproché à droite de B_n.

Nous nous proposons de calculer les probabilités $p_1, p_2, \ldots, p_n, \ldots$ pour qu'une série se compose de 1, 2, ..., n intervalles élémentaires de longueur σ, et la probabilité p_∞ pour qu'une série se prolonge indéfiniment, c'est-à-dire comprenne une infinité d'intervalles.

Si nous posons $n = 1+\alpha+\beta+\gamma$, α, β, γ étant des entiers positifs, on obtient immédiatement la probabilité pour qu'une série soit formée, après le premier intervalle $A_1B_1 = \sigma$, d'un second intervalle $B_1B_2 = \alpha\sigma$ (comprenant α intervalles élémentaires), d'un troisième $B_2B_3 = \beta\sigma$ et se termine par un quatrième $B_3B_4 = \gamma\sigma$. Il faut et il suffit, pour cela, que A_1B_1 renferme α points A_i, que B_1B_2 en renferme β, que B_2B_3 en renferme γ et que B_3B_4 n'en renferme aucun. Les probabilités respectives de ces quatre éventualités sont

$$\frac{\sigma^\alpha}{\alpha!}e^{-\sigma}, \qquad \frac{(\alpha\sigma)^\beta}{\beta!}e^{-\alpha\sigma}, \qquad \frac{(\beta\sigma)^\gamma}{\gamma!}e^{-\beta\sigma}, \qquad e^{-\gamma\sigma}$$

et leur produit est égal à

$$(1) \qquad \frac{\alpha^\beta\beta^\gamma}{\alpha!\,\beta!\,\gamma!}\sigma^{\alpha+\beta+\gamma}e^{-(1+\alpha+\beta+\gamma)\sigma} = A\sigma^{n-1}e^{-n\sigma},$$

le coefficient numérique A ne dépendant pas de σ.

Pour obtenir p_n, il faudrait envisager toutes les décompositions possibles de n en la somme d'un nombre quelconque d'entiers, telles que $1+\alpha+\beta+\gamma$ (les sommes $1+\alpha+\beta+\gamma$ et $1+\beta+\alpha+\gamma$ étant regardées comme distinctes lorsque α diffère de β) et faire la somme des probabilités analogues à (1) obtenues pour chacune de ces décompositions;

cette somme p_n est égale à $A_n \sigma^{n-1} e^{-n\sigma}$, le coefficient A_n étant indépendant de σ.

Nous allons utiliser le théorème de Bernoulli pour calculer les coefficients A_n. Si nous supposons $\sigma < 1$, il résulte du théorème de Bernoulli que $p_\infty = 0$ et que, par suite, la série $S = p_1 + p_2 + \ldots + p_n + \ldots$ est convergente et égale à l'unité.

Si nous posons

$$\sigma e^{-\sigma} = z, \tag{2}$$

nous aurons

$$S = e^{-\sigma}[A_1 + A_2 z + \ldots + A_n z^{n-1} + \ldots] \tag{3}$$

et l'égalité $S = 1$ nous donnera

$$e^{\sigma} = A_1 + A_2 z + \ldots + A_n z^{n-1} + \ldots; \tag{4}$$

nous tirerons alors de (2) la relation

$$\sigma = A_1 z + A_2 z^2 + \ldots + A_n z^n + \ldots. \tag{5}$$

Le calcul des coefficients A_n se ramène alors à un problème simple d'analyse, la valeur σ définie par (5) devant vérifier l'équation (2).

Le théorème de Cauchy donne

$$A_n = \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{\sigma\, dz}{z^{n+1}}, \tag{6}$$

C étant un petit contour fermé entourant le point $z = 0$. En remplaçant z et dz par leurs valeurs tirées de (2), on obtient

$$A_n = \frac{1}{2\pi i} \int_{C'} \frac{(1-\sigma) e^{n\sigma}\, d\sigma}{\sigma^n}, \tag{7}$$

C′ étant un petit contour fermé entourant le point $\sigma = 0$. On en conclut

$$A_n = \frac{n^{n-1}}{(n-1)!} - \frac{n^{n-2}}{(n-2)!} = \frac{n^{n-2}}{(n-1)!} \tag{8}$$

et, par suite,

$$p_n = \frac{n^{n-2}}{(n-1)!} \sigma^{n-1} e^{-n\sigma}. \tag{9}$$

Ces valeurs des p_n sont valables pour toutes les valeurs de σ, bien que la méthode qui nous les a données ait exigé l'hypothèse $\sigma < 1$.

Lorsque, dans la relation (2), σ croît de 0 à $+\infty$, z croît d'abord de 0 à e^{-1} (pour $\sigma = 1$) et décroît ensuite de e^{-1} à 0.

Pour toute valeur de z comprise entre 0 et e^{-1}, l'équation (2) a deux racines réelles positives σ_1 et σ_2, dont l'une σ_1 est inférieure à *un*; et l'autre σ_2 supérieure à *un*; c'est la racine σ_1 qui est donnée par la relation (5) où les A_n ont les valeurs (8).

Lorsque $\sigma = 1$, $z = e^{-1}$, les relations (4) et (5) restent valables et l'on a donc encore $p_\infty = 0$.

Lorsque σ est supérieur à 1, posons $\sigma = \sigma_2$ et désignons par σ_1 la racine inférieure à 1 de l'équation en σ

$$\sigma e^{-\sigma} = \sigma_2 e^{-\sigma_2} = z.$$

Nous aurons alors

$$S = p_1 + p_2 + \ldots + p_n + \ldots = e^{-\sigma_2}(A_1 + A_2 z + \ldots + A_n z^n + \ldots).$$

Mais la série entre parenthèses a pour somme e^{σ_1}; on a donc $S = e^{\sigma_1 - \sigma_2}$ et

$$(10) \qquad p_\infty = 1 - e^{(\sigma_1 - \sigma_2)} = 1 - e^{(\sigma_1 - \sigma)}.$$

Les relations (9) et (10) nous font connaître $p_1, p_2, \ldots, p_n, \ldots, p_\infty$ pour toutes les valeurs réelles positives de σ. La relation (10) pour $\sigma_1 = \sigma_2$ donne $p_\infty = 0$; on peut donc la regarder comme valable pour toute valeur de $\sigma_2 = \sigma$.

La méthode employée semble pouvoir être utilisée pour la solution d'autres problèmes de probabilités.

Calculs complémentaires. — Lorsque σ est inférieur à 1, il est aisé de calculer la longueur moyenne des séries d'intervalles, c'est-à-dire le nombre moyen des intervalles formant les diverses séries. On sait que cette valeur moyenne peut être définie de deux manières différentes, soit comme la moyenne arithmétique des longueurs des séries comprises dans une portion étendue de Ox, soit comme la longueur probable de la série à laquelle appartient un point A_i choisi au hasard sur la portion de Ox considérée. Dans le premier cas, le nombre moyen des intervalles est $\Sigma n p_n$ et dans le second cas, il est égal au quotient de $\Sigma n^2 p_n$ par $\Sigma n p_n$. Les sommes $\Sigma n p_n$ et $\Sigma n^2 p_n$, lorsque σ est inférieur à *un*, s'obtiennent aisément en calculant les dérivées de σ par rapport à z, d'une part au moyen de (2) et, d'autre part, au moyen de (5). On obtient ainsi, pour le nombre moyen des intervalles d'une série, la valeur $1/1-\sigma$ avec la première définition de la moyenne et $1/(1-\sigma)^2$ avec la seconde définition. Le nombre des séries d'intervalles comprises dans une portion de Ox de longueur A est égale, en moyenne, à $A(1-\sigma)$, car il faut alors adopter la première définition; tel est le nombre moyen des points A_i qui sont des commencements de séries sur l'intervalle de longueur A.

Lorsque $\sigma = 1$, les valeurs obtenues pour le nombre moyen des intervalles d'une

série deviennent infinies; il y a là un paradoxe analogue au résultat bien connu : la longueur moyenne d'une partie de pile ou face est infinie, lorsque l'on convient d'arrêter la partie dès que les deux adversaires ont gagné le même nombre de fois, c'est-à-dire dès que l'équilibre s'est établi entre les gains et les pertes. Si σ est supérieur à l'unité, on doit observer que, lorsqu'il se présente une série infinie, ce qui arrive forcément au bout d'un temps limité, toutes les autres séries possibles ne trouvent plus aucune occasion de se produire. La définition même de la probabilité de ces séries devrait donc être modifiée. On pourrait convenir que l'on prend successivement chacun des points A_i comme commencement d'une série, en négligeant tous les points à gauche de A_i; il y a alors une infinité de séries possibles et les probabilités sont correctement définies.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les projecteurs de l'espace hilbertien ou unitaire.* Note de M. **Gaston Julia**.

Au cours d'études sur les opérateurs linéaires, j'ai fait sur les projecteurs de l'espace hilbertien ou unitaire quelques remarques qui me paraissent utiles pour la technique de ces projecteurs.

1. *Projecteurs permutables.* — P_1 et P_2 étant deux projecteurs, on sait que la condition nécessaire et suffisante pour que $P_1 P_2$ soit projecteur est que P_1 et P_2 soient *permutables*. Alors le domaine des valeurs de $P_1 P_2 = P_2 P_1$ est l'intersection des domaines de valeurs de P_1 et P_2. On a $\Delta_{P_1P_2} = \Delta_{P_1} . \Delta_{P_2}$. Cette condition algébrique peut se remplacer par une condition géométrique relative aux variété fermées Δ_{P_1} et Δ_{P_2}, d'où l'on conclut une expression générale très simple des couples permutables P_1, P_2.

2. P_1 et P_2 étant supposés permutables, considérons *dans* Δ_{P_1} le complément orthogonal de $\Delta_{P_1P_2}$, ensemble des vecteurs de Δ_{P_1} orthogonaux à $\Delta_{P_1P_2}$: c'est une variété linéaire fermée Δ_{Q_1}, domaine des valeurs d'un projecteur $Q_1 = P_1 - P_1 P_2$. On a $(P_1 P_2) Q_1 = Q_1 (P_1 P_2) = 0$. Considérons de même, *dans* Δ_{P_2}, le complément orthogonal de $\Delta_{P_1P_2}$, soit Δ_{Q_2} qui est le domaine des valeurs du projecteur

$$Q_2 = P_2 - P_1 P_2, \qquad \text{avec} \quad (P_1 P_2) Q_2 = Q_2 (P_1 P_2) = 0.$$

Il est visible que $P_1 P_2 = (P_1 P_2 + Q_1)(P_1 P_2 + Q_2)$ se réduit à

$$P_1 P_2 = P_1 P_2 + Q_1 Q_2$$

puisque le projecteur $P_1 P_2$ est orthogonal à Q_1 et à Q_2, et puisque aussi $(P_1 P_2)^2 = P_1 P_2$. Il en résulte $Q_1 Q_2 = 0$. *Les variétés* Δ_{Q_1} *et* Δ_{Q_2} *sont donc orthogonales.*

Réciproquement, si Δ_{Q_1} et Δ_{Q_2} sont orthogonales, la construction précédente prouve que $P_1 = A + Q_1$, $P_2 = A + Q_2$, A étant le projecteur tel que $\Delta_A = \Delta_{P_1}.\Delta_{P_2} =$ intersection de Δ_{P_1} et Δ_{P_2}. De $AQ_1 = AQ_2 = 0$, et $Q_1 Q_2 = 0$, il résulte que $P_1 P_2 = A^2 = A$ est un projecteur et que $P_1 P_2 + P_2 P_1 = A$.

La condition géométrique nécessaire et suffisante pour que P_1 et P_2 soient permutables est donc qu'en formant respectivement dans Δ_{P_1} et Δ_{P_2} les variétés complémentaires orthogonales Δ_{Q_1} et Δ_{Q_2} de l'intersection $\Delta_{P_1}.\Delta_{P_2}$, *ces deux variétés* Δ_{Q_1} *et* Δ_{Q_2} *soient orthogonales*. Cette condition peut encore s'exprimer par l'égalité $\Delta_{P_1} = \Delta_{P_1}.\Delta_{P_2} + \Delta_{P_1}.(H - \Delta_{P_2})$, où le signe + du deuxième membre unissant deux variétés orthogonales exprime que Δ_{P_1} se décompose suivant les deux variétés orthogonales complémentaires $\Delta_{P_1}.\Delta_{P_2}$ et $\Delta_{P_1}.(H - \Delta_{P_2})$, $H - \Delta_{P_2}$ étant la variété complémentaire de Δ_{P_2} dans l'espace total H. Elle traduit la relation $P_1 = P_1 P_2 + P_1(1 - P_2)$. On a de même $\Delta_{P_2} = \Delta_{P_2}.\Delta_{P_1} + \Delta_{P_2}.(H - \Delta_{P_1})$ traduisant $P_2 = P_2 P_1 + P_2(1 - P_1)$.

Tous les couples de projecteurs permutables s'obtiennent donc explicitement de la façon suivante : choisir trois variétés linéaires fermées quelconques deux à deux orthogonales $\mathcal{M}_1$, $\mathcal{M}_2$, $\mathcal{M}_3$, et les projecteurs correspondants $A_1 = P_{\mathcal{M}_1}$, $A_2 = P_{\mathcal{M}_2}$, $A_3 = P_{\mathcal{M}_3}$, deux à deux orthogonaux ($A_i A_j = 0$ pour $i \neq j$); alors $A_1 + A_2 = P_{\mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2}$ et $A_1 + A_3 = P_{\mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_3}$ constituent le couple le plus général de projecteurs permutables.

Notons les relations suivantes entre les A_i précédents. $A_2 + A_1$, $A_2 + A_3$ sont permutables; $A_3 + A_1$, $A_3 + A_2$ le sont aussi. $A_1 + A_2 + A_3$ est un projecteur dont la variété de projection est

$$\mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2 + \mathcal{M}_3 = [\mathcal{M}_1, \mathcal{M}_2, \mathcal{M}_3].(A_1 + A_2)(A_2 + A_3)(A_3 + A_1) = 0.$$

3. Il existe une autre forme très maniable de condition nécessaire et suffisante pour que P_1 et P_2 soient permutables : *la transformée par* P_1 *de la variété* Δ_{P_2} *doit être contenue dans* Δ_{P_2}, $P_1(\Delta_{P_2}) \subset \Delta_{P_2}$ [ou l'équivalent $P_2(\Delta_{P_1}) \subset \Delta_{P_1}$]. En abrégé, P_1 conserve Δ_{P_2} et P_2 conserve Δ_{P_1}. Cet énoncé se rattache au fait bien connu de la *réduction* d'un opérateur hermitien P_1 par une variété linéaire (Δ_{P_2}). En voici une démonstration directe. Décomposons Δ_{P_2} en deux variétés orthogonales complémentaires, la première étant l'intersection V de Δ_{P_1} et Δ_{P_2}, la deuxième étant l'ensemble V_2 des vecteurs de Δ_{P_2} orthogonaux à V. Tout vecteur $f_2 \in \Delta_{P_2}$ s'écrit $f_2 = \varphi + \varphi_2$, $\varphi \in V$, $\varphi_2 \in V_2$. φ étant dans V et dans Δ_{P_1}, on a $P_1 \varphi = \varphi \in V \in \Delta_{P_2}$. Il faut

donc et il suffit que $P_1\varphi_2 \in \Delta_{P_2}$. Décomposons φ_2 en $\varphi_2 = g + h$, $g \in \Delta_{P_1}$ et h orthogonal à Δ_{P_1} (donc à V). On a $P_1\varphi_2 = P_1 g$ et la condition sera $P_1 g \in \Delta_{P_2}$. Or $P_1 g = g \in \Delta_{P_1}$. La condition est donc $P_1 g \in \Delta_{P_1}.\Delta_{P_2} = V$. Mais φ_2 et h étant orthogonaux à V, g l'est aussi et $P_1 g = g$. La condition est donc que $P_1 g$, orthogonal à V, soit dans V; c'est donc $P_1 g = g = 0$, ou encore que tout vecteur φ_2 de V_2 soit orthogonal à Δ_{P_1}. Cela équivaut à dire que la variété V_1, complémentaire de V dans Δ_{P_1}, doit être orthogonale à V_2, c'est-à-dire que P_1 et P_2 doivent être permutables. La condition est nécessaire et suffisante et l'on voit alors que $P_1(\Delta_{P_2}) = V = \Delta_{P_1}.\Delta_{P_2}$. De même $P_2(\Delta_{P_1}) = \Delta_{P_1}.\Delta_{P_2}$.

4. Comme application de ce qui précède on voit que, si P est permutable à $P_1 = P_{\mathfrak{M}_1}$ et à $P_2 = P_{\mathfrak{M}_2}$, P est permutable au projecteur $P_{[\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2]}$ qui projette sur la variété $[\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2]$, lieu des vecteurs $f_1 + f_2$, où f_1 décrit $\mathfrak{M}_1$ et f_2 décrit $\mathfrak{M}_2$ indépendamment l'un de l'autre. Cela est évident si $\mathfrak{M}_1$ et $\mathfrak{M}_2$ sont orthogonales, car alors $P_{[\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2]} = P_{\mathfrak{M}_1} + P_{\mathfrak{M}_2}$. Dans le cas général, si f_1 et f_2 sont des vecteurs arbitraires de $\mathfrak{M}_1$ et $\mathfrak{M}_2$, Pf_1 et Pf_2 sont, d'après 3, respectivement dans $\mathfrak{M}_1$ et $\mathfrak{M}_2$, donc $P(f_1 + f_2) = Pf_1 + Pf_2$ sera dans $[\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2]$ comme $f_1 + f_2$, vecteur arbitraire de $[\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2]$, et, d'après 3, P sera permutable à $P_{[\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2]}$.

5. *Projecteurs quelconques.* — Lorsque A et B sont deux projecteurs quelconques d'un espace hilbertien ou unitaire, AB — BA n'est pas nul, mais, *si l'espace est réel*, on peut affirmer que, pour un vecteur f quelconque, (AB — BA)f *est orthogonal à* f. En effet, pour tout f, $(f, ABf) = (Af, Bf)$ et $(f, BAf) = (Bf, Af) = (Af, Bf)$. On a donc, en général,

$$[f, (AB - BA)f] = (Af, Bf) - (Bf, Af) = 2i\mathfrak{J}(Af, Bf).$$

Mais, si l'espace est réel, (Af, Bf) est réel $= (Bf, Af)$ et l'on a bien $[f, (AB - BA)f] = 0$.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'*Institut de Physique du Globe* de l'Université de Paris, pour la première ligne M. *Jean Coulomb* obtient 24 suffrages contre 12 à M. *Alexandre Dauvillier*; il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne M. *Alexandre Dauvillier* obtient 31 suffrages; il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne........... M. **Jean Coulomb.**
En seconde ligne........... M. **Alexandre Dauvillier.**

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur un problème d'Euler.* Note (¹) de M. **Gaston Benneton**, présentée par M. Paul Montel.

Il s'agit du problème étudié par Euler et mentionné par Legendre dans sa *Théorie des Nombres* (t. 2, n° 470) : Trouver les tableaux carrés d'ordre 4 pour lesquels la somme des carrés des termes soit égale dans chacune des lignes, des colonnes ou des diagonales, et la somme des produits des termes deux à deux soit nulle à l'égard de deux lignes, ou de deux colonnes quelconques. La solution résulte aisément de l'arithmétique des quaternions (²).

Nous utiliserons à cet effet le p. g. c. d. mixte que nous avons récemment défini pour les quaternions entiers (³).

1. Cherchons les substitutions linéaires orthogonales et normales à 4 variables à coefficients rationnels

$$y_\alpha = a_{0\alpha}x_0 + a_{1\alpha}x_1 + a_{2\alpha}x_2 + a_{3\alpha}x_3 \qquad (\alpha = 0, 1, 2, 3),$$

c'est-à-dire telles que $y_0^2 + y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 = m(x_0^2 + x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)$, m étant un nombre rationnel donné.

Le tableau des coefficients sera appelé tableau d'Euler, la $\alpha^{\text{ième}}$ ligne étant relative à y_α.

Soit e le dénominateur commun des coefficients. Désignons par ξ, η et A_α les quaternions dont les composantes sont $[x_0, x_1, x_2, x_3]$, $[y_0, y_1, y_2, y_3]$ et $[ea_{\alpha 0}, ea_{\alpha 1}, ea_{\alpha 2}, ea_{\alpha 3}]$. Les quaternions A_α sont entiers orthogonaux; leur norme commune vaut e^2m. Leurs p. g. c. d. mixtes ont aussi pour norme e^2m et les quaternions s'écrivent $A_\alpha = UJ_\alpha V$: les J_α sont, à l'ordre et au signe près, les quatre quaternions unités de base.

La solution générale est donc, à l'ordre et au signe près des variables x_α,

(¹) Séance du 23 février 1942.
(²) A. Hurwitz, *Nachrichten von d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen*, 1896, p. 336.
(³) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 406.

c'est-à-dire à l'ordre et au signe près des colonnes du tableau d'Euler : $e\eta = \mathrm{U}\xi\mathrm{V}$, où U et V désignent des quaternions entiers dont le produit des normes uv vaut $e^2 m$.

2. La propriété normale et orthogonale du tableau d'Euler est vraie pour les lignes aussi bien que pour les colonnes; la somme des carrés des termes d'une même ligne ou d'une même colonne sera dite norme du tableau : elle vaut $m = uv/e^2$.

Si l'on ne tient pas compte du signe et de l'ordre des lignes et des colonnes, ni de l'échange global des lignes avec les colonnes, on peut prendre pour U un quaternion primitif de norme impaire dont les composantes x, y, z, t vérifient $x \geqq y \geqq z \geqq t \geqq 0$, et prendre pour V un quaternion dont les composantes b, c, d sont positives ou nulles et inférieures à la valeur absolue de la composante a.

Le produit de deux tableaux d'Euler est un tableau d'Euler; sa norme est égale au produit des normes des facteurs. Inversement tout tableau $\mathfrak{T}$ est décomposable en produit de deux tableaux canoniques. En effet désignons par $[\mathrm{U}]$ et $\{\mathrm{V}\}$ les tableaux associés aux substitutions $\mathrm{U}\xi$ et $\xi\mathrm{V}$. Le tableau d'Euler qui dérive de $\mathrm{U}\xi\mathrm{V}$ s'écrit

$$\mathfrak{T} = [\mathrm{U}] \times \{\mathrm{V}\}.$$

Il s'ensuit que le déterminant du tableau est égal au carré de sa norme.

3. Les tableaux canoniques ont leurs termes égaux ou symétriques deux à deux. A l'opposé de ce cas formons des tableaux où les seize valeurs absolues soient toutes différentes.

Une condition nécessaire pour cela est qu'il n'existe dans U et dans V aucun couple de composantes de même rang ou de rangs associés formant une proportion en valeur absolue. Ainsi il ne peut y avoir qu'un seul zéro au plus sur les huit composantes de U et V.

Parmi les solutions nous trouvons notamment

$$(1)\quad \begin{vmatrix} 17 & 7 & 4 & 0 \\ 6 & -14 & -1 & -11 \\ 5 & -3 & -16 & 8 \\ 2 & -10 & 9 & 13 \end{vmatrix}, \qquad (2)\quad \begin{vmatrix} 20 & 9 & 4 & 1 \\ 8 & -11 & -12 & -13 \\ 5 & -10 & -7 & 18 \\ 3 & -14 & 17 & -2 \end{vmatrix}.$$

Le tableau (1) à valeurs absolues toutes différentes est celui qui possède la norme minimum. Le tableau (2) à valeurs absolues toutes différentes et positives est l'un des plus simples du genre.

4. L'exemple donné par Euler possède une propriété supplémentaire :

la somme des carrés des termes de chaque diagonale est la même que pour les lignes, donc égale à la norme du tableau.

$$(3)\quad \begin{vmatrix} 79 & 41 & 8 & 23 \\ 32 & -37 & 49 & 61 \\ 17 & -68 & 12 & 59 \\ 31 & -29 & -77 & -28 \end{vmatrix}, \qquad (4)\quad \begin{vmatrix} 70 & 47 & 4 & 5 \\ 20 & -19 & -58 & -55 \\ 35 & -56 & -17 & 50 \\ 25 & -38 & 59 & -40 \end{vmatrix}.$$

(3) est l'exemple d'Euler, de norme 8515; (4) est un tableau analogue de norme 7150. Toutes les valeurs absolues sont différentes.

5. Un cas particulier du problème concerne les substitutions orthogonales à trois variables de déterminant 1 à coefficients rationnels, c'est-à-dire les tableaux de cosinus directeurs rationnels.

La solution s'écrit alors $u\eta = \mathrm{U}\xi\overline{\mathrm{U}}$, où U et $\overline{\mathrm{U}}$ sont des quaternions conjugués primitifs de norme u impaire. Voici deux exemples :

$$(5)\quad \begin{vmatrix} 52 & 23 & 4 \\ 17 & -44 & 32 \\ 16 & -28 & -47 \end{vmatrix}, \qquad (6)\quad \begin{vmatrix} 0{,}8 & 0{,}576 & 0{,}168 \\ 0{,}6 & -0{,}768 & -0{,}224 \\ 0{,}0 & -0{,}280 & 0{,}960 \end{vmatrix}.$$

Dans le tableau (5) les cosinus sont des fractions toutes différentes de dénominateur commun 57 (les numérateurs sont seuls indiqués) : c'est le tableau à cosinus rationnels distincts de dénominateur commun minimum. Le tableau (6) est le plus simple qui contienne neuf cosinus différents exprimés exactement en décimales.

Il n'existe pas de tableau de cosinus directeurs rationnels possédant la propriété des diagonales.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation de la chaleur dans le cas d'une sphère stratifiée avec des sources distribuées sur les surfaces de discontinuité.* Note (¹) de M. **Vladimir A. Kostitzin**, présentée par M. Paul Montel.

I. L'étude de l'état thermique des corps célestes nous impose la considération de surfaces de discontinuité et de couches thermogènes; en effet

(¹) Séance du 2 mars 1942.

la Terre est nettement stratifiée, et d'autre part certains auteurs se servent de l'hypothèse de la stratification pour expliquer soit la structure de la surface de la Lune, soit les inégalités de son mouvement. Sans l'existence de sources thermiques intérieures, l'état actuel de la Terre resterait inexplicable. Dans cette Note, je complète mes recherches précédentes [2] par l'étude du cas relativement simple d'une sphère composée d'un noyau sphérique homogène entouré d'une enveloppe homogène concentrique. Soient resp. c_1, l_1, ρ_1, c_2, l_2, ρ_2 la chaleur spécifique, la conductibilité thermique et la densité du noyau et de l'enveloppe; r_1 le rayon du noyau, et R le rayon de la surface extérieure. Dans ces conditions, les équations du problème prennent la forme

$$(1)\quad \begin{cases} c_1\rho_1 \dfrac{\partial u}{\partial t} = l_1\left[\dfrac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \dfrac{2}{r}\dfrac{\partial u}{\partial r} + \dfrac{1}{r^2\sin^2\varphi}\dfrac{\partial^2 u}{\partial\psi^2} + \dfrac{1}{r^2\sin\varphi}\dfrac{\partial}{\partial\varphi}\left(\sin\varphi\dfrac{\partial u}{\partial\varphi}\right)\right] & (0 \leq r < r_1), \\ c_2\rho_2 \dfrac{\partial u}{\partial t} = l_2\left[\dfrac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \dfrac{2}{r}\dfrac{\partial u}{\partial r} + \dfrac{1}{r^2\sin^2\varphi}\dfrac{\partial^2 u}{\partial\psi^2} + \dfrac{1}{r^2\sin\varphi}\dfrac{\partial}{\partial\varphi}\left(\sin\varphi\dfrac{\partial u}{\partial\varphi}\right)\right] & (r_1 < r \leq R), \end{cases}$$

$$(2)\qquad \mathrm{E}u(\mathrm{R}, \varphi, \psi, t) = \mathrm{R}\left|^{r=\mathrm{R}} \frac{\partial u(r, \varphi, \psi, t)}{\partial r} + \Psi(\varphi, \psi, t),\right.$$

$$(3)\qquad u(r, \varphi, \psi, 0) = \omega(r, \varphi, \psi),$$

$$(4)\qquad l_1 r_1\left|^{r=r_1-0}\frac{\partial u}{\partial r} = l_2 r_1\right|^{r=r_1+0}\frac{\partial u}{\partial r} = h\left|^{r=r_1+0}_{r=r_1-0} u + \Phi(\varphi, \psi, t).\right.$$

Les équations (4) expriment la discontinuité thermique à la surface de séparation et la continuité du flux de la chaleur.

Remarquons en passant que la chaleur spécifique dépend de la température et que, par conséquent, l'équation de la chaleur n'est pas linéaire. Toutefois, en admettant que la chaleur spécifique suive, soit la loi bien connue d'Einstein, soit une une loi analogue, on obtient pour c une expression pratiquement indépendante de la température pour toute la masse terrestre. En ce qui concerne le coefficient de transmission h, il faut admettre qu'il devient infini pour $l_1 \to l_2$. Cette hypothèse est nécessaire pour rétablir la continuité de la température dès que la différence entre les deux couches disparaît.

2. En supposant, comme dans mes Notes précédentes, les fonctions u, ω, Ψ, Φ développables en séries de fonctions sphériques $S_{nk}(\varphi, \psi)$, avec les coefficients respectifs $u_{nk}(r, t)$, $\omega_{nk}(r)$, $\Psi_{nk}(t)$, $\Phi_{nk}(t)$, on trouve, pour

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 972-974; 214, 1942, pp. 47-49.

la fonction u_{nk}, les équations

$$(6)\quad \begin{cases} c_1\rho_1 \dfrac{\partial u_{nk}}{\partial t} = l_1\left[\dfrac{\partial^2 u_{nk}}{\partial r^2} + \dfrac{2}{r}\dfrac{\partial u_{nk}}{\partial r} - \dfrac{n(n+1)}{r^2}u_{nk}\right] & (r_1 < r \leqq R), \\ c_2\rho_2 \dfrac{\partial u_{nk}}{\partial t} = l_2\left[\dfrac{\partial^2 u_{nk}}{\partial r^2} + \dfrac{2}{r}\dfrac{\partial u_{nk}}{\partial r} - \dfrac{n(n+1)}{r^2}u_{nk}\right] & (0 \leqq r < r_1); \end{cases}$$

$$(6)\qquad u_{nk}(r, 0) = \omega_{nk}(r);$$

$$(7)\qquad \mathrm{E}u_{nk}(\mathrm{R}, t) = \mathrm{R}\left|^{r=\mathrm{R}} \frac{\partial u_{nk}}{\partial r} + \Psi_{nk}(t);\right.$$

$$(8)\qquad l_1 r_1\left|^{r=r_1-0}\frac{\partial u_{nk}}{\partial r} = l_2 r_2\right|^{r=r_1+0}\frac{\partial u_{nk}}{\partial r} = h[u_{nk}(r_1+0, t) - u_{nk}(r_1-0, t)] + \Phi_{nk}.$$

Soit $q_n(\lambda, r)$ une solution des équations différentielles

$$(9)\quad \begin{cases} q''_n - \dfrac{2q'_n}{r} + q_n\left[\dfrac{\lambda c_1\rho_1}{l_1} - \dfrac{(n-1)(n+2)}{r^2}\right] = 0 & (0 \leqq r < r_1), \\ q''_n - \dfrac{2q'_n}{r} + q_n\left[\dfrac{\lambda c_2\rho_2}{l_2} - \dfrac{(n-1)(n+2)}{r^2}\right] = 0 & (r_1 < r \leqq R), \end{cases}$$

vérifiant les conditions

$$(10)\quad \begin{cases} 2q_n(\lambda, r_1+0) - r_1 q'_n(\lambda, r_1+0) + \dfrac{h}{l_2}q_n(\lambda, r_1+0) - \dfrac{h}{l_1}q_n(\lambda, r_1-0) = 0, \\ 2q_n(\lambda, r_1-0) - r_1 q'_n(\lambda, r_1-0) + \dfrac{h}{l_2}q_n(\lambda, r_1+0) - \dfrac{h}{l_1}q_n(\lambda, r_1-0) = 0, \\ q_n(\lambda, 0) = 0, \qquad q'_n(\lambda, 0) = 0; \end{cases}$$

en choisissant pour λ une des racines de l'équation caractéristique

$$(11)\qquad (\mathrm{E}+2)q_n(\lambda, \mathrm{R}) - \mathrm{R}q'_n(\lambda, \mathrm{R}) = 0,$$

on obtient une des fonctions appartenant au système orthogonal complet

$$(12)\quad \begin{cases} q_n(\lambda, r) = r^{\frac{3}{2}}\mathfrak{J}_{n+\frac{1}{2}}\left(r\sqrt{\dfrac{\lambda c_1\rho_1}{l_1}}\right) & (0 \leqq r < r_1), \\ q_n(\lambda, r) = \mathfrak{D}_{n1} r^{\frac{3}{2}}\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(r\sqrt{\dfrac{\lambda c_2\rho_2}{l_2}}\right) + \mathfrak{D}_{n2} r^{\frac{3}{2}}\mathrm{N}_{n+\frac{1}{2}}\left(r\sqrt{\dfrac{\lambda c_2\rho_2}{l_2}}\right) & (r_1 < r \leqq R); \end{cases}$$

en posant

$$(13)\quad \mathrm{A}_n(\lambda, r) = \int_0^r q_n^2(\lambda, s)\frac{ds}{s^2}, \qquad \mathrm{V}_{nk}(\lambda, t) = \frac{c_1\rho_1}{l_1}\int_0^{r_1} q_n u_{nk}\,dr + \frac{c_2\rho_2}{l_2}\int_{r_1}^{\mathrm{R}} q_n u_{nk}\,dr,$$

$$(14)\qquad r^2 u_{nk}(r, t) = \sum \frac{q_n(\lambda, r)\mathrm{V}_{nk}(\lambda, t)}{\mathrm{A}_n(\lambda, \mathrm{R})},$$

on obtient sans peine pour l'expression du coefficient $V_{nk}(\lambda, t)$

$$(15)\quad V_{nk}(\lambda, t) = e^{-\lambda t}\left[\frac{c_1\rho_1}{l_1}\int_0^{r_1}\omega_{nk}(z)q_n(\lambda, z)\,dz + \frac{c_2\rho_2}{l_2}\int_{r_1}^{R}\omega_{nk}(z)q_n(\lambda, z)\,dz\right] - \frac{q_n(\lambda, R)}{R}\int_0^t \Psi_{nk}(s)\,e^{-\lambda(t-s)}\,ds + \frac{1}{r_1 h}[l_1 q_n(\lambda, r_1+0) - l_2 q_n(\lambda, r_1-0)]\int_0^t \Phi_{nk}(s)\,e^{-\lambda(t-s)}\,ds,$$

ce qui résout complètement le problème posé. Il serait très facile de construire la solution générale sous une forme compacte, en introduisant les fonctions G_n et H analogues à celles définies dans mes Notes précédentes.

En ce qui concerne l'équation caractéristique (11), elle est beaucoup plus compliquée que dans le cas d'une sphère homogène, mais elle se simplifie si l'on suppose R suffisamment grand par rapport à r_1. On peut traiter de la même façon le cas de plusieurs couches, homogènes ou hétérogènes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de représentation conforme de Helmholtz*. Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Ayant obtenu des théorèmes d'existence [1] pour les problèmes du sillage ou problème de Helmholtz dans le cas d'un contour à tangente continue, je me propose d'étendre ce résultat au cas des contours possédant des points anguleux. Pour les notations utilisées ci-dessous et l'énoncé précis du problème du sillage, on se reportera au travail précité [2]; la configuration des éléments donnés *a priori* $\mathcal{C}$ est défini comme aux pages 169-170 de ce Mémoire; seules, sont à modifier les hypothèses intéressant la fonction donnée $\Psi(l)$ qui caractérise l'obstacle $\widehat{BC}$. Dans ce qui suit nous supposerons : 1° $\Psi(l)$ est assujettie à vérifier les conditions

$$(1)\qquad \varepsilon \leqq \Psi(l) \leqq \pi - \varepsilon, \qquad \alpha \leqq l \leqq \beta,$$

---

(1) *Thèse* (*Journ. de Math.*, 9e série, 20, 1941, pp. 35-103). On consultera aussi le travail de M. J. Leray, publié dans les *Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, pp. 145-160 et dont ma Thèse constitue le prolongement. Signalons également aussi les Notes de M. A. Weinstein dans les *Rendiconti d. R. Accademia dei Lincei*, 4, 1936, p. 119 et 5, 1927, p. 157.

(2) Cf. spécialement § 23, pp. 169-176.

avec $0 < \varepsilon < \pi$, $\varepsilon \neq 0$, $\varepsilon \neq \pi$. Ces conditions sont plus strictes que les inégalités $0 \leqq \Psi(l) \leqq h$ utilisées dans ma Thèse (cf. p. 169); en revanche, elles nous permettent de nous affranchir de l'hypothèse de l'existence et de la continuité de la dérivée $d\Psi/dl$; 2° $\Psi(l)$ est supposée continue dans l'intervalle $0 \leqq l \leqq \beta$, sauf un nombre fini $\bar{n}$ de points d'abscisses curvilignes $l_1, l_2, \ldots, l_n$ en lesquels $\Psi(l)$ subit des discontinuités de première espèce. Dans chacun des intervalles $\alpha \leqq l \leqq l_1$; $\ldots$; $l_i \leqq l \leqq l_{i+1}$; $\ldots$; $l_n \leqq l \leqq \beta$, $\Psi(l)$ vérifie une condition de Hölder (³)

$$(2) \qquad |\Psi(l) - \Psi(l')| \leqq \text{const.}\, |l - l'|^{\nu}, \qquad 0 < \nu \leqq 1.$$

Nous nous proposons de montrer que l'on peut attacher à la configuration $\mathcal{C}$ ainsi définie une solution au moins du problème du sillage de Helmholtz.

Aux inconnues $l(s)$, a et b, introduites au paragraphe 23 de ma Thèse, s'ajoutent ici les n paramètres $s_i (i = 1, 2, 3, \ldots, n)$, $0 < s_1 < s_2 < \ldots < s_n < \pi$, arguments des images des n points anguleux de $\widehat{BC}$. Il sera commode de choisir pour inconnues nouvelles, outre les $n + 2$ paramètres a, b et les s_i, les $\bar{n} + 1$ fonctions définies par

$$(3) \qquad \begin{cases} l_1(s) = l(s) & \text{pour} \quad 0 \leqq s \leqq s_1, \\ l_2(s) = l(s) & \text{pour} \quad s_1 \leqq s \leqq s_2, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots & ; \\ l_{n+1}(s) = l(s) & \text{pour} \quad s_{n+1} \leqq s \leqq \pi. \end{cases}$$

Ceci posé, on a les résultats suivants :

1° D'après les inégalités (1) le domaine $\mathcal{A}$ (⁴), correspondant à $\mathcal{C}$, est nécessairement d'un seul tenant.

2° Les raisonnements du paragraphe 22 (cf. spécialement la page 152),

(³) Dans son Mémoire précité M. Leray a annoncé des théorèmes d'existence relatifs au problème de Helmholtz posé relativement à des contours plus particuliers que ceux que nous venons de définir (cf. p. 153, *loc. cit.*); les hypothèses plus restrictives, qu'il a adoptées, lui permettent, en revanche, d'énoncer des résultats d'unicité. Remarquons enfin que la solution du problème de Helmholtz, posé pour des obstacles anguleux et convexes vers le fluide vif, est dépourvue d'interprétation physique valable; la vitesse du fluide devient, en effet, infinie en chacun des points anguleux saillants vers le courant (voir à ce sujet les *Leçons sur l'hydrodynamique* de M. H. Villat, Paris, 1929, p. 75).

(⁴) Cf. le paragraphe 23 de ma Thèse.

24, 25 et 26 s'appliquent à $\mathcal{C}$. On déduit de là que les $(n+1)$ inconnues $l_i(s)$ vérifient une condition $\mathcal{L}_p(s)$ [5] sur chacun des intervalles où elles sont définies [cf. (3)], le nombre p pouvant être choisi arbitrairement grand; l'inégalité (2) montre alors qu'il en sera de même de $\Psi[l_i(s)]$ $(i=1, 2, \ldots, n+1)$.

3° Les résultats qui précèdent permettent d'effectuer la mise en équations du problème posé ci-dessus. L'inconnue $l(s)$ du paragraphe 23 de ma Thèse est définie ici au moyen de $(2n+1)$ nouvelles inconnues : les $l_i(s)$ $[i=1, 2, \ldots (n+1)]$ et les s_i $(i=1, 2, \ldots, n)$ [cf. (3)]. L'équation (3.20) de la page 176 se scinde ainsi en $(n+1)$ équations définissant les $l_i(s)$; on obtiendra n conditions complémentaires en écrivant

$$l_i(s_i) = l_i.$$

Enfin les équations (3.21) subsistent sans modification.

Des artifices d'écriture convenables permettent alors de réduire l'ensemble des équations fonctionnelles du problème à une équation du type

$$(4) \qquad x = \mathrm{F}(x),$$

étudié par MM. J. Leray et J. Schauder [6], où x désigne l'élément d'un espace fonctionnel convenablement choisi qui est linéaire, normé et complet, et $\mathrm{F}(x)$ une transformation fonctionnelle complètement continue. Moyennant les limitations *a priori* des normes des solutions éventuelles de (4), limitations qui résultent de l'alinéa 2°, la théorie de l'indice total s'applique [cf. à ce sujet le paragraphe 28 de ma Thèse], on en déduit que le problème posé possède au moins une solution.

---

(5) Cf. le paragraphe 11, page 65 de ma Thèse. On rappelle que $l_i(s)$ vérifiera une condition $\mathcal{L}_p(s)$ lorsqu'on a

$$|l_i(s) - l_i(s')| \leq \frac{\text{const.}}{|\operatorname{Log}|s-s'||^p},$$

s et s' étant deux points quelconques de l'intervalle de définition de $l_i(s)$.

(6) *Annales de l'École Normale supérieure*, 51, 1934, pp. 45-90.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les cercles de remplissage des fonctions méromorphes.* Note (¹) de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Nous utiliserons la proposition suivante (²) :

Théorème A. — *Soit* $w = F(z)$ *une fonction méromorphe dans* $|z| < R$. *Supposons qu'il existe* $q \geqq 3$ *domaines* D_i *simplement connexes et disjoints (dont certains peuvent se réduire à des points) à chacun desquels est associé un entier positif* μ_i *avec* $\Sigma[1-(1/\mu_i)] > 2$ *tels que, à l'exception de n d'entre eux au plus, tous les disques de la surface de Riemann décrite par* $w = F(z)$ *et situés sur* D_i *aient* μ_i *feuillets au moins. On a, lorsque* $r < R$,

$$\left[S(r) - \frac{n}{\sum\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)-2}\right]\log\frac{R}{r} < \frac{K}{\left[\sum\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)-2\right]^2},$$

en désignant par $4\pi S(r)$ *l'aire sphérique de la surface de Riemann correspondant à* $|z| < r$ *et par* K *une constante dépendant des domaines* D_i.

Si l'on remplace la condition imposée aux disques situés sur D_i d'avoir μ_i feuillets au moins par la condition de non-existence de ces disques, le théorème précédent s'applique avec $\mu_i = \infty$. En particulier, *si la fonction* $w = F(z)$ *ne prend pas plus de n fois en tout trois valeurs* a_i, *on a*

$$[S(r) - n]\log\frac{R}{r} < K_1.$$

Nous avons donné (²) une estimation de K_1 en fonction de la distance sphérique minima δ_0 de ces trois points a_i pris deux à deux. En utilisant une transformation homographique qui fait correspondre aux points a_i trois points fixes ($1, j, j^2$ par exemple); on arrive à $K_1 = C + \log 1/\delta_0$ où C est une constante numérique.

Du théorème A, on déduit le suivant :

Théorème B. — *Dans les conditions du théorème* A *et si de plus* $n = 0$, *on a*

$$R\frac{|F'(0)|}{1+|F(0)|^2} < \exp\frac{2K}{\left[\sum\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)-2\right]^2}.$$

Ces théorèmes permettent de retrouver très simplement certaines propriétés des cercles de remplissage. Pour les études quantitatives, nous utiliserons

(¹) Séance du 2 mars 1942.

(²) *Annales de l'École Normale supérieure*, 58, 1941, pp. 179-259.

$S(r)$ au lieu de $T(r)$ habituellement employé; nos résultats contiennent les résultats classiques correspondants et quelques propriétés nouvelles.

2. Le théorème B montre que, *si $w=f(z)$ est une fonction méromorphe dans tout le plan fini et telle que $|z||f'(z)|/(1+|f(z)|^2)$ ne soit pas borné, il existe une famille de cercles de remplissage Γ_k au sens de Valiron-Milloux* [le cercle Γ_k a pour centre z_k avec $|z_k|=r_k$ et pour rayon ρ_k tels que $r_k\to\infty$ et $\rho_k/r_k\to 0$ quand k augmente indéfiniment; dans Γ_k la fonction $w=f(z)$ prend toutes les valeurs de la sphère complexe sauf au plus celles situées dans deux cercles dont des rayons tendent vers zéro avec $1/k$].

Mais le théorème B nous apprend d'autres propriétés des cercles Γ_k :

1° *Dans Γ_k, l'équation $f(z)-a=0$ a une racine simple au moins quelle que soit la valeur a sauf peut-être pour certaines valeurs exceptionnelles que l'on peut enfermer dans quatre cercles dont les rayons tendent vers* 0 *avec* $1/k$.

2° *Étant donnés trois domaines D_i, la surface de Riemann décrite par les valeurs w de la fonction lorsque z décrit Γ_k présente au moins un disque sur l'un des domaines D_i pourvu que k soit suffisamment grand.*

3° Proposition analogue pour les *disques simples* avec cinq domaines D_i.

4° Plus généralement, *étant donnés $q\geq 3$ domaines D_i simplement connexes et disjoints à chacun desquels est associé un entier positif μ_i avec $\Sigma[1-(1/\mu_i)]>2$, la surface de Riemann correspondant à Γ_k présente, dès que k est assez grand, au moins un disque ayant moins de μ_i feuillets sur l'un des domaines D_i.*

Les seules fonctions ne jouissant pas des propriétés précédentes sont les fonctions exceptionnelles d'Ostrowsky qui ne possèdent pas de cercles de remplissage au sens ordinaire. La limitation de la dérivée sphérique de ces fonctions montre aussitôt qu'elles satisfont à $S(r)=O[\log r]$.

3. Nous plaçant dans le cas $\overline{\lim}\, S(r)/\log r=\infty$, nous allons obtenir des propriétés quantitatives des cercles de remplissage. A partir du théorème A et en effectuant un pavage convenable du plan des z, on parvient à la proposition suivante :

Si $w=f(z)$ est méromorphe, la couronne $r<|z|<R$ contient un point z_k centre d'un cercle C_k de rayon $|z_k|/q$. Dans C_k, $f(z)$ prend au moins $n_k\geq 0$ fois toutes valeurs, sauf au plus celles représentées dans deux cercles de rayon e^{-n_k} de la sphère. On a

$$n_k>\frac{K}{q^2}\,\frac{S(R)-S(r)}{1+\log\dfrac{R}{r}}-K_1,$$

où K et K_1 sont des constantes numériques. On suppose q donné supérieur à un.

On en déduit, en particulier, les conséquences suivantes :

1° Si $\overline{\lim} S(r)/\log r = \infty$, il existe une famille de cercles de remplissage jouissant des propriétés énoncées dans le paragraphe 2 avec cette précision supplémentaire : le nombre de fois que les valeurs sont prises (ou le nombre de disques situés sur les domaines) augmente indéfiniment avec k.

2° Supposons que $f(z)$ soit d'ordre ρ fini, non nul. Désignons par $U(r)$ une fonction *régularisante* de $S(r)$ satisfaisant à $\overline{\lim} S(r)/U(r) = 1$ et $\underline{\lim} U(kr)/U(r) = k^{\rho}$ pour $1 < k < \infty$ [3]. Si $q(r)$ est une fonction croissante (au sens large) satisfaisant à $1 < q^2(r) < K_2 U(r)$, où K_2 est une constante ne dépendant que de ρ, *il existe une famille de cercles* C_k *d'équation* $|z - z_k| < r_k/q(r_k)$ *avec* $\lim r_k = \infty$ *dans chacun desquels* $f(z)$ *prend* $n_k \geq 0$ *fois au moins toutes valeurs sauf au plus celles situées dans deux cercles de rayon* e^{-n_k}. *On a* $n_k = K_2 U(r_k)/q^2(r_k)$. Cette proposition permet de mettre en évidence des familles de cercles de remplissage pour lesquels $q(r)$ croît rapidement [comme $\sqrt{U(r)}$] ou pour lesquels n_k croît rapidement [comme $\varepsilon(r_k) U(r_k)$ où $\varepsilon(r)$ tend vers zéro aussi lentement qu'on le veut].

3° Supposons que $f(z)$ soit d'ordre infini. La fonction régularisante $U(r) = r^{\rho(r)}$ sera assujettie aux conditions : $\overline{\lim}\ S(r)/U(r) = 1$, $\rho(r)$ croissante. Après avoir précisé la proposition énoncée au début de ce paragraphe, on montre que le théorème de 2° s'applique lorsque $1 < q^2(r) < K_3 U(r) \rho(r)$; on peut prendre

$$n_k = \frac{K_3 U(r_k) \rho(r_k)}{q(r_k)[q(r_k) + \rho(r_k)]}.$$

En particulier il existe des cercles de remplissage pour lesquels $q(r)$ croît comme $\sqrt{U(r)\rho(r)}$.

Cela entraîne la proposition suivante : Si $V(r) = r^{\sigma(r)}$ est une fonction telle que $\overline{\lim}\ T(r)/V(r) = 1$ et que $\sigma(r) + [\log \sigma(r)/\log r]$ soit croissante, alors $q(r)$ peut croître comme $\sigma(r)\sqrt{V(r)}$.

Les cercles de remplissage mis en évidence dans ce paragraphe jouissent des propriétés énoncées dans le paragraphe 2, ces propriétés étant ici précisées. Par exemple, dans le cas général 4°, *le nombre de disques à moins de* μ_i *feuillets est au moins égal à* n_k *dès que* k *est suffisamment grand.*

La méthode employée s'applique également à l'étude des fonctions méromorphes dans un cercle ou dans un angle.

---

(3) On peut prendre la fonction régularisante définie par M. Valiron à l'aide de *l'ordre précisé* $\rho(r)$. Le théorème que nous allons énoncer contient le théorème analogue connu où $S(r)$ est remplacé par $T(r)$.

MÉCANIQUE. — *Calcul des contraintes, dans l'hypothèse de la relaxation complète.* Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous avons montré (¹) que, au cours de la relaxation des contraintes, une certaine intégrale $\iiint \Phi \, dV$ ne peut que décroître. Si la relaxation est complète, cette intégrale sera minimum.

Un cas particulier intéressant est celui où la très petite déformation permanente se fait suivant les lois du solide visqueux.

La fonction $\varphi(c)$ est une constante, et Φ est proportionnel à c^2 (avec $3c^2 = N_1^2 + N_2^2 + \ldots - N_1 N_2 - \ldots + 3T_1^2 + \ldots$).

Pour exprimer que Φ est minimum, on remarquera que les équations d'équilibre, que vérifient les composantes de la contrainte, expriment que ces six quantités dépendent de trois fonctions indépendantes χ_1, χ_2, χ_3 par

$$N_1 = \frac{\partial^2 \chi_3}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \chi_2}{\partial z^2}, \qquad T_1 = -\frac{\partial^2 \chi_1}{\partial y \, \partial z}.$$

Après avoir substitué ces valeurs dans l'intégrale, on écrit les trois équations d'Euler qui deviennent par la substitution inverse

$$2\frac{\partial^2 N_3}{\partial y^2} + 2\frac{\partial^2 N_2}{\partial z^2} - \Delta N_1 - 4\frac{\partial^2 T_1}{\partial y \, \partial z} = 0 \qquad \left(\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)$$

et deux équations analogues, d'où l'on tire, par combinaison avec les équations d'équilibre,

$$3\,\Delta N_1 + 2\frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2} = 0 \qquad (\Theta = N_1 + N_2 + N_3).$$

Ces trois équations, qui expriment que la relaxation est complète, sont les mêmes que celles qui expriment qu'il existe un état naturel, et que le corps est incompressible. Mais, comme nous l'avons indiqué, les conditions aux limites devront souvent être exprimées sous une forme spéciale, qui conduira à des solutions différentes.

Les calculs ci-dessus s'appliquent encore lorsqu'il existe une force de masse dérivant d'un potentiel U, à condition de remplacer les composantes normales de contrainte, N_1, N_2, N_3 par $N_1' = N_1 - \rho U$, $N_2' = N_2 - \rho U$, ...

(¹) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 410.

Les mathématiciens (²) qui se sont occupés de la répartition des contraintes dans le Globe terrestre ont toujours employé les équations relatives au corps incompressible, toute autre hypothèse conduisant à des résultats absurdes.

Les considérations ci-dessus justifient cette méthode et montrent à quelles hypothèses elle correspond. Elle ne suppose nullement que la matière est réellement incompressible (ce qui serait contraire à la réalité), mais que les déformations permanentes infiniment petites se font suivant les lois de la déformation visqueuse, et que la relaxation des contraintes est complète.

Le résultat établi par la Note précédente est plus général et s'applique encore avec d'autres lois de déformation permanente, par exemple celles de la déformation plastique, mais sans qu'il soit possible d'en développer mathématiquement les conclusions.

HYDRAULIQUE. — *Recherches expérimentales sur les oscillations à l'intérieur des cheminées d'équilibre à étranglement.* Note (¹) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons complété nos recherches sur les chambres d'équilibre, en étudiant le cas où il existe un étranglement, de courte longueur, créant une perte de charge singulière, à la base de la chambre d'équilibre.

Les expériences ont été effectuées sur les deux modèles de notre Laboratoire, dont les dimensions ont été données dans une Note précédente (²), en plaçant à leur base une plaque obturatrice percée d'un orifice circulaire en mince paroi, de diamètre égal à 27^{cm}, dans le cas du grand modèle.

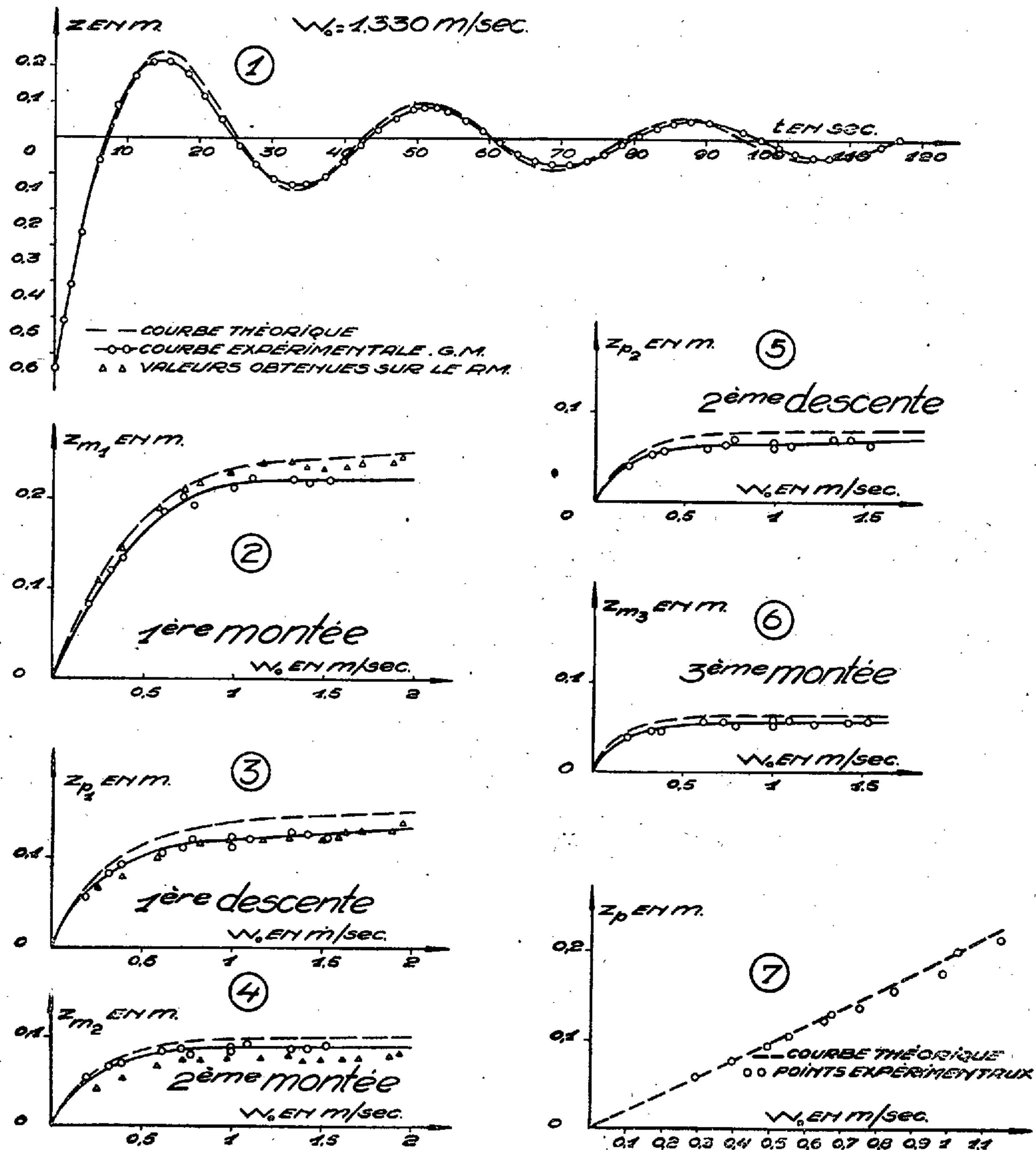
La détermination de la perte de charge, à la traversée de l'étranglement, a été faite, sur le petit modèle, au moyen de prises de pression encadrant la plaque d'étranglement, en produisant une série d'écoulements permanents, de débits connus, à travers l'orifice. La perte de charge varie

(²) G. H. Darwin, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **173**, 1882, pp. 187-223; Lord Rayleigh, *Proc. Roy. Soc. London*, A, **77**, 1906, p. 486; A. Love, *Some Problems of Geodynamics*, Cambrige, 1911 (2ᵉ édition, 1926), p. 12.

(¹) Séance du 2 mars 1942.

(²) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 768.

paraboliquement, et sa valeur correspond très sensiblement à celle que donne la formule de Borda, en admettant un coefficient de contraction de 0,60, pour la veine noyée issue de l'orifice. Nous avons déduit, de



l'application des lois de similitude, les valeurs correspondantes valables pour le grand modèle.

L'étude théorique a été faite analytiquement, au moyen des construc-

tions graphiques classiques, en tenant compte de la perte de charge dans le canal d'amenée, pour les manœuvres de fermeture, et également de l'influence des variations de la hauteur de chute consécutives aux oscillations du niveau, dans le cas des manœuvres d'ouverture. Nous allons indiquer dans quelle mesure ces prévisions théoriques concordent avec les résultats de nos expériences.

1° *Manœuvres de fermeture complète instantanée.* — La figure 1 donne un exemple de comparaison entre une courbe théorique et une courbe expérimentale de l'oscillation, obtenues dans le grand modèle (avec une position de la vanne correspondant au réglage n° 2), pour une vitesse du régime permanent initial, à l'intérieur du canal d'amenée, $W_0 = 1330$ m/sec. De même, en fonction de W_0, les figures 2, 3, 4, 5, 6 donnent la courbe théorique et les valeurs expérimentales des valeurs maxima Z_m ou minima Z_p de la cote Z atteinte par le plan d'eau, au-dessus du niveau statique, dans les montées et les descentes successives. Sur les figures 2, 3 et 4 ont également été reportés, par similitude, les points fournis par le petit modèle; on observe que, sur celui-ci, en raison des valeurs plus faibles des nombres de Reynolds mis en jeu, l'influence prépondérante de la viscosité produit un amortissement beaucoup plus rapide des oscillations. Ces quelques exemples donnent une image fidèle des résultats obtenus dans l'ensemble de nos mesures, résultats qui conduisent aux conclusions suivantes : les amplitudes théoriques sont légèrement supérieures à celles que fournit l'expérience, et la période théorique est un peu inférieure à la période expérimentale.

2° *Manœuvres d'ouverture instantanées.* — L'étude de ces phénomènes montre que les formules théoriques fournissent, pour la descente maxima du plan d'eau, des valeurs très voisines de la réalité; la très légère divergence qui subsiste est dans le sens de la sécurité. Ces résultats apparaissent, par exemple, sur la figure 7; celle-ci donne les amplitudes maxima théoriques et expérimentales de la première descente, Z_p, en fonction de la vitesse W_0 qui existerait, dans le régime permanent correspondant à l'ouverture réalisée, si le niveau était confondu avec le niveau statique.

3° *Conclusion.* — Ces recherches sur les chambres à étranglement montrent que les prévisions théoriques concordent avec l'expérience, avec le même dégré d'approximation et de sécurité qui caractérise les phénomènes obtenus en l'absence d'étranglement.

PHOTOMÉTRIE STELLAIRE. — *Sur la précision fournie par des observations visuelles d'étoiles brillantes sans photomètre.* Note de M. **Gérard Oriano de Vaucouleurs**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. L'observation à l'œil nu des étoiles brillantes est tombée en désuétude depuis que la précision du dixième de magnitude, tenue pour la limite pratique des estimations visuelles sans photomètre, ne peut plus être considérée comme suffisante.

Or, à la suite d'observations visuelles qui paraissent dépasser sensiblement cette limite et à l'instigation de leur auteur M. R. Rigollet [1], j'ai cherché à faire, par comparaisons directes à l'œil nu, des observations d'étoiles brillantes à la fois exactes et précises, c'est-à-dire dont les erreurs systématiques soient aussi réduites que possible et les erreurs accidentelles aussi faibles que le permet la sensibilité différentielle de l'œil.

J'ai été ainsi conduit, pour déterminer la magnitude M d'une étoile visible à l'œil nu (variable ou non) dans un système de magnitudes bien défini (le système photovisuel international de 1922), à appliquer une méthode analogue en son principe à toutes celles qui dérivent de la méthode des degrés et dont l'exposé a été fait ailleurs [2]. Elle consiste essentiellement à estimer les différences de magnitude en degrés voisins de 0,01 *m*, à ne comparer autant que possible que des étoiles ni trop distantes ($d < 20°$), ni trop différentes ($\Delta M < 0,4$), à des distances zénithales modérées ($z < 60°$) et surtout, condition essentielle, à opérer strictement par vision fovéale binoculaire prolongée (nécessairement non simultanée), ce qui limite les observations à $M < 4$ environ.

La réduction tient particulièrement compte de l'absorption atmosphérique, déterminée continuellement par la méthode courte pendant toute la durée de chaque séance d'observation et, si possible, dans l'azimut des étoiles comparées; de l'équation d'échelle (valeur en degrés) déterminée aussi pour chaque séance ou tout au moins très souvent; de l'équation de position convenablement évaluée et corrigée lorsqu'elle n'est pas directement éliminée par symétrie; de l'équation de couleur exactement déterminée en fonction de M.

---

(1) *B. S. Astrononique de France*, 50, 1936, p. 572. Voir aussi R. Rigollet et G. Oriano, *ibid.*, 52, 1938, p. 419.

(2) G. Oriano, *J. Phys.*, 8e série, 1, 1940, p. 274.

Les catalogues de référence, spécialement étudiés (magnitude et indice de couleur), ne présentent pas d'erreurs accidentelles trop importantes qui nuiraient à la précision des corrections.

Enfin les observations sont aussi fréquentes que possible et forment des séries homogènes couvrant tout l'intervalle des magnitudes accessibles (de $M = 0$ à $M = 4$).

II. J'ai effectué, dans ces conditions, plus de 3000 observations, principalement en 1938, en vue :

1° de corriger les erreurs accidentelles d'un catalogue d'étoiles brillantes (catalogue moyen combinant les valeurs de HR et PD réduites à l'IPv);

2° d'établir des courbes de lumière très précises de certaines variables à faible amplitude.

En ce qui concerne l'objet de cette Note, les résultats principaux sont les suivants. Soient ε et ε' les erreurs moyennes ([3]) respectivement externe (y compris les erreurs systématiques) et interne sur les magnitudes et ν le nombre d'estimations constituant une mesure.

1° Dans le cas des corrections aux magnitudes cataloguées (déterminations *semi-absolues*), j'arrive à

$$\varepsilon = \pm 0,04; \quad \varepsilon' = \pm 0,03; \quad \nu = 3;$$

plus exactement ε' varie avec M comme il suit :

M.............	0	1	2	3	4
$\lvert\varepsilon'\rvert$.............	$0,03_5$	$0,02_5$	0,02	$0,02_5$	0,04

Ainsi, par exemple, sur 259 résidus, provenant d'un groupe de 18 séances (mai-octobre 1938) et portant sur 43 étoiles de $M = 0,0$ à $M = 4,4$, aucun ne dépasse $\pm 0^m,15$.

Pour comparaison, des observations du même genre effectuées suivant les procédés habituels des associations (AAVSO, AFOEV, etc.) donneraient à peu près

$$\varepsilon = \pm 0,25; \quad \varepsilon' = \pm 0,12; \quad \nu = 3$$

et, avec les meilleurs photomètres (absolus) à plages ([4]),

$$\varepsilon = \pm 0,03; \quad \varepsilon' = \pm 0,01_5; \quad \nu = 10 + 10.$$

2° Dans le cas des observations de certaines variables (déterminations différentielles), j'obtiens

$$\varepsilon' = \pm 0,01_5; \quad \nu = 4 \quad (\alpha \text{ UMi}, M = 2,1);$$
$$\varepsilon' = \pm 0,02_5; \quad \nu = 5 \quad (\delta \text{ Her}, M = 3,8).$$

([3]) Et non les erreurs probables, comme je l'avais écrit par erreur dans le Mémoire cité ([2]).

([4]) J. DUFAY, *Rev. Opt.*, 8, 1929, p. 321.

Cette précision est réelle, car j'ai montré à propos de γ Cas [(2), p. 278] que les résultats de deux observateurs différents définissent la même courbe de lumière avec

$$\varepsilon = \pm 0{,}02_5; \quad \varepsilon' = \pm 0{,}02; \quad \gamma = 6 \quad (\gamma \text{ Cas, } M = 2{,}2)$$

et que, d'autre part, mes observations sont en excellent accord avec des mesures photoélectriques, ce qui contrôle objectivement la précision obtenue, car les variations de cette étoile sont irrégulières et imprévisibles.

Pour comparaison, les procédés habituels donneraient approximativement

$$(\varepsilon = \pm 0{,}15); \quad \varepsilon' = \pm 0{,}09; \quad \nu = 3,$$

et les meilleurs photomètres différentiels à images ponctuelles [5],

$$\varepsilon' = \pm 0{,}03; \quad \nu = 40 \quad \text{(polarisation)};$$
$$\varepsilon' = \pm 0{,}008; \quad \nu = 100 \quad \text{(œil de chat)},$$

mais avec une incertitude de zéro atteignant plusieurs centièmes pour le second.

3. Ainsi ces déterminations de magnitudes obtenues à l'œil nu surclassent très nettement celles qui étaient obtenues jusqu'ici par la méthode des degrés, à laquelle elles font gagner une demi-décimale; elles peuvent soutenir la comparaison avec les résultats des meilleurs photomètres visuels modernes, surtout si l'on tient compte des nombres respectifs de pointés.

Or j'ai obtenu presque tous ces résultats sous le ciel défavorable de Paris, en dépit des méthodes graphiques de réduction employées qui, visant surtout à la simplicité et la rapidité, ne pouvaient donner toute la précision et l'exactitude possibles, et en restant dans le cadre d'une première approximation qui néglige de petites corrections encore appréciables (variation du coefficient d'absorption de l'atmosphère suivant l'indice de couleur, variation de l'équation de position avec la magnitude etc.) dont tiendrait facilement compte une deuxième approximation.

Dès lors il semble permis de considérer que la réalisation pratique à l'œil nu d'observations différentielles telles que

$$\varepsilon = \pm 0{,}01_5, \quad \varepsilon' = \pm 0{,}01, \quad \nu = 4 \text{ à } 10,$$

est parfaitement possible, et l'on approche ainsi d'une précision qui semblait réservée à la photométrie photoélectrique.

L'application de ces procédés par un groupement d'observateurs permettrait de combler certaines lacunes de la surveillance photométrique des étoiles brillantes.

---

(5) A. Danjon, *Ann. Obs. Strasbourg*, 2, 1928, p. 1928.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les interventions thermiques dans les écoulements gazeux cylindriques.* Note [1] de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai signalé [2] une forme très commode que l'on peut donner aux équations de l'écoulement linéaire des gaz parfaits (avec viscosité) dans le cas le plus général. Elles se simplifient pour une canalisation cylindrique (où $\alpha = 0$), et l'on obtient alors

$$\frac{du}{u} = k\frac{\gamma-1}{1-k}\frac{\delta q}{u^2} + k\frac{\gamma}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}, \tag{1}$$

$$\frac{dT}{T} = k\frac{\gamma-1}{1-k}(1-k\gamma)\frac{\delta q}{u^2} - k^2\gamma\frac{\gamma-1}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}, \tag{2}$$

$$\frac{dp}{p} = -k^2\gamma\frac{\gamma-1}{1-k}\frac{\delta q}{u^2} - k\gamma\frac{1+k(\gamma-1)}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}. \tag{3}$$

Il est inutile de récrire ici l'équation de $d\rho/\rho = -du/u$. Par contre, on peut donner à l'équation (1) une forme légèrement différente

$$d\left(\frac{1}{2}u^2\right) = k\frac{\gamma-1}{1-k}\delta q + k\frac{\gamma}{1-k}\delta w, \tag{1'}$$

qui explicite la variation d'énergie cinétique le long de l'écoulement.

Cette équation (1′) n'a rien de commun avec une équation de conservation de l'énergie. Les facteurs d'action δq et δw, qui y figurent, provoquent des modifications de l'énergie interne et du travail de détente $p\,dv$, en même temps que du travail moteur $-v\,dp$. Il n'est donc pas plus paradoxal de voir, aux vitesses supersoniques ($1-k<0$), une diminution progressive de l'énergie cinétique liée à un apport de chaleur ($\delta q>0$), que de retrouver, par la même équation, un résultat connu : aux vitesses subsoniques, dans un écoulement adiabatique avec frottement, la vitesse va en croissant.

Ces équations ne donnent le sens de variation des grandeurs étudiées que si l'on connaît la relation qui existe entre les deux facteurs d'action δq

---

[1] **Séance du** 2 mars 1942.

[2] *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1471. Nous utilisons ici la notation u (au lieu de V) pour la vitesse d'écoulement, et les notations $\delta q = q(x)\,dx$ et $\delta w = w(x)\,dx$ pour la quantité de chaleur reçue et la quantité d'énergie dissipée dans l'unité de masse sur le parcours dx. On représente toujours par γ le rapport C/c, et par k le carré u^2/v^2 de la vitesse réduite (rapportée à la célérité du son).

et δw. On notera que, dans les écoulements rapides, il est fort difficile de faire des échanges de chaleur δq importants. Par contre on peut assez facilement créer de l'énergie thermique dans la masse gazeuse elle-même par des réactions chimiques, ce qui est l'équivalent d'apports δq positifs.

Il est néanmoins intéressant de définir les interventions thermiques qui réalisent certains cas simples d'écoulement.

On a d'abord les écoulements adiabatiques ($\delta q = 0$); et les écoulements isentropiques par compensation ($\delta q = -\delta w$).

Pour obtenir un écoulement isotherme, c'est-à-dire aussi à énergie interne constante, il faut annuler $d\mathrm{T}/\mathrm{T}$, ce qui donne

$$\frac{k}{u^2}\frac{\gamma-1}{1-k}[(1-k\gamma)\,\delta q - k\gamma\,\delta w] = 0 \qquad \text{ou} \qquad \delta q = \frac{k\gamma}{1-k\gamma}\delta w \quad (^3).$$

L'écoulement isobare correspondra à $dp/p = 0$, qui donne

$$-\frac{k}{u^2}\frac{\gamma}{1-k}[(\gamma-1)k\,\delta q + (1+k(\gamma-1))\,\delta w] = 0 \qquad \text{ou} \qquad \delta q = -\frac{1+k(\gamma-1)}{k(\gamma-1)}\delta w.$$

Enfin l'écoulement sera à vitesse constante, ce qui correspond aussi à la densité constante, si l'on a $du/u = 0$ ou $\delta q = -(\gamma/\gamma - 1)\,\delta w$.

En tenant compte de ces relations, on obtient le tableau de valeurs suivant :

Nature de l'écoulement	$\frac{du}{u}$.	$\frac{d\mathrm{T}}{\mathrm{T}}$.	$\frac{dp}{p}$.
adiabatique	$k\frac{\gamma}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}$	$-k^2\gamma\frac{\gamma-1}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}$	$-k\gamma\frac{1+k(\gamma-1)}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}$
isentropique	$\frac{k}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}$	$-k\frac{\gamma-1}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}$	$-k\frac{\gamma}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}$
isotherme	$\frac{k\gamma}{1-k\gamma}\frac{\delta w}{u^2}$	0	$-\frac{k\gamma}{1-k\gamma}\frac{\delta w}{u^2}$
isobare	$-\frac{\delta w}{u^2}$	$-\frac{\delta w}{u^2}$	0
vitesse constante	0	$-k\gamma\frac{\delta w}{u^2}$	$-k\gamma\frac{\delta w}{u^2}$

Toutes les variations sont ainsi définies en fonction de $\delta w/u^2$ (4).

(3) δq devient négatif pour $k > 1/\gamma$; nous retrouvons là la limite du domaine d'inversion de l'effet thermique d'un apport de chaleur signalé par M. Jouguet (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 213).

(4) Qui représente, au facteur 1/2 près, la fraction de l'énergie cinétique présente qui se décoordonne le long du parcours dx considéré.

En toute rigueur, les calculs devraient être conduits séparément pour chaque nappe comprise entre deux cylindres coaxiaux de rayons r et $r+dr$; mais nous admettons, à titre d'approximation, que l'on peut considérer la section du tuyau comme homogène, u étant égal à la vitesse moyenne d'écoulement dans cette section; $\delta w/u^2$ est alors connu, en fonction de la densité ρ, de la viscosité μ et du diamètre d du tube, par l'étude expérimentale des écoulements dans des canalisations cylindriques courtes, où la vitesse et l'état peuvent être considérés comme pratiquement indépendants de x.

Les résultats obtenus pour les écoulements turbulents sont représentés avec une très bonne précision par la loi invariante de Blasius

$$\lambda = 0,3164\,\mathrm{R}^{-0,25},$$

où les deux grandeurs sans dimensions λ et R sont définies par les relations

$$-\frac{dp}{dx} = \lambda\frac{\rho u^2}{2d} \quad \text{et} \quad \mathrm{R} = \frac{\rho u d}{\mu}.$$

Cela donne

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\rho u^2}{2d} \times 0,3164 \times \frac{\mu^{0,25}}{\rho^{0,25}u^{0,25}d^{0,25}} = \frac{0,1582}{d^{1,25}}\rho^{0,75}u^{1,75}\mu^{0,25}.$$

Or la résultante F_x des forces de frottement de la paroi entre les sections s_1 et s_2 est égale et opposée à la résultante $-(dp/dx)(x_2-x_1)s$ des pressions terminales. En raisonnant par rapport à des axes entraînés par le fluide, cette résultante fournit, dans le déplacement relatif dx, le travail $-F_x\,dx$, entièrement dissipé dans la masse $s(x_2-x_1)\rho$, ce qui donne

$$-\frac{dp}{dx}(x_2-x_1)s\,dx = s(x_2-x_1)\rho\,\delta w,$$

d'où

$$\delta w = \left(-\frac{dp}{dx}\right)\frac{dx}{\rho} = \frac{0,1582}{d^{1,25}}\rho^{-0,25}u^{1,75}\mu^{0,25}\,dx$$

et, en introduisant la viscosité cinématique $\nu = \mu/\rho$,

$$\frac{\delta w}{u^2} = \frac{0,1582}{d^{1,25}}\frac{\nu^{0,25}}{u^{0,25}}dx.$$

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'origine des piqûres observées dans certains dépôts métalliques électrolytiques.* Note de M. **Georges Thomas** (Extrait).

La présence dans les électrolytes de matières grasses finement divisées déterminant souvent la formation de piqûres dans les dépôts galvaniques, il suffit dès l'apparition des piqûres, de détruire les particules graisseuses au sein même de l'électrolyte, pour voir disparaître l'inconvénient observé. On y parvient aisément en ajoutant à l'électrolyte du permanganate de potasse en solution aqueuse, de telle façon que la dose de permanganate corresponde à 10 ou 15^{cg} par litre d'électrolyte, puis en portant la température du bain à 90° C. pendant un quart d'heure, ou à défaut en le brassant énergiquement à froid pendant 4 heures.

ÉLECTROCHIMIE. — *Activité individuelle des ions* Tl^+ *et* N_3^- *dans les solutions d'azoture de thallium.* Note [1] de Mme **Marie-Louise Brouty**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Les coefficients d'activité des ions Tl^+ et N_3^-, dans les solutions d'azoture de thallium à différentes concentrations, sont déterminés expérimentalement par la méthode des f. é. m.

Les mesures sont effectuées à 25° sur les chaînes

(I) — Tl (amalgame 2 phases) | $N_3Tl\,c$ | KCl sat. | KCl 0,1 N | AgCl | Ag +,

(II) + Ag | N_3Ag | $N_3Tl\,c$ | KCl sat. | KCl 0,1 N | AgCl | Ag —.

La f. é. m. de ces piles est, en négligeant le potentiel de jonction,

$$E_{(I)} = E_{0Tl+} - \frac{RT}{F} \operatorname{Log} cf_+ + E_{(Ag\,|\,AgCl)},$$

$$E_{(II)} = E_{0\overline{N_3}} + \frac{RT}{F} \operatorname{Log} cf_- + E_{(Ag\,|\,AgCl)}.$$

E(Ag/AgCl) représente le potentiel de l'électrode de référence, E_{0Tl+} et $E_{0\overline{N_3}}$, les potentiels normaux du thallium dans l'amalgame de thallium, et de l'ion N_3^- (activité = 1), c, la concentration, f^+ et f^-, les coefficients d'activité individuels des ions Tl^+ et N_3^-.

---

[1] Séance du 23 février 1942.

La méthode de mesure, la préparation des produits et des électrodes, ainsi que la méthode de détermination de E_0 ont été précédemment décrites (²). Les résultats des mesures sont donnés dans le tableau suivant

N^3Tl(*)...	0,0145.	0,0096.	0,0072.	0,0051.	0,0029.	0,0023.	0,0019.	0,0012.	0,0010.
$E_{Tl^+}(10^{-4})$ V.	+4473	4573	4644	4721	4861	4917	4960	5084	5133
$E_{N_3^-}(10^{-4})$ V.	−4062	4166	4237	4316	4460	4517	4567	4698	4741
f^+.........	0,833	0,849	0,866	0,883	0,918	0,929	0,936	0,954	0,958
f^-.........	0,911	0,918	0,926	0,932	0,943	0,951	0,954	0,966	0,969

(*) C mol-g/l. sol.

Les courbes représentant les variations de la quantité

$$E'_0 = E + \frac{RT}{F} \log c$$

en fonction de $\sqrt{2c}$ sont très différentes pour chacun des ions. Comme le montre la figure ci-après, la courbe relative à N_3^- possède une portion rectiligne suffisamment étendue ($0{,}030 < \sqrt{2c} < 0{,}080$) pour permettre l'extrapolation de Lewis. On obtient pour $E_{0_{N_3^-}}$ la valeur $-2948 \pm 1 . 10^{-4}$ V, et la pente est celle prévue par la théorie de Debye ($211 . 10^{-4}$ V). La courbe correspondant à Tl^+ présente également une portion rectiligne; l'extrapolation de Lewis conduit à la valeur $E_{0_{Tl^+}} = 3334 . 10^{-4}$ V, très nettement inférieure au potentiel normal de Tl^+ déterminé dans des solutions de TlCl (³) et de plus la pente ne correspond pas à celle de Debye. Il faut donc avoir recours à la méthode de La Mer. On obtient alors pour $E_{0_{Tl^+}}$, $3339 . 10^{-4}$ V, valeur en bon accord avec celles de la littérature, correspondant à un rayon ionique $a = 0{,}6$ Å.

Le calcul de La Mer conduit pour N_3^- à la valeur $E_0 = -2950 . 10^{-4}$ V, qui diffère au plus de $2 . 10^{-4}$ V de celle obtenue par l'extrapolation de Lewis; le rayon correspondant est $a = 8{,}5$ Å.

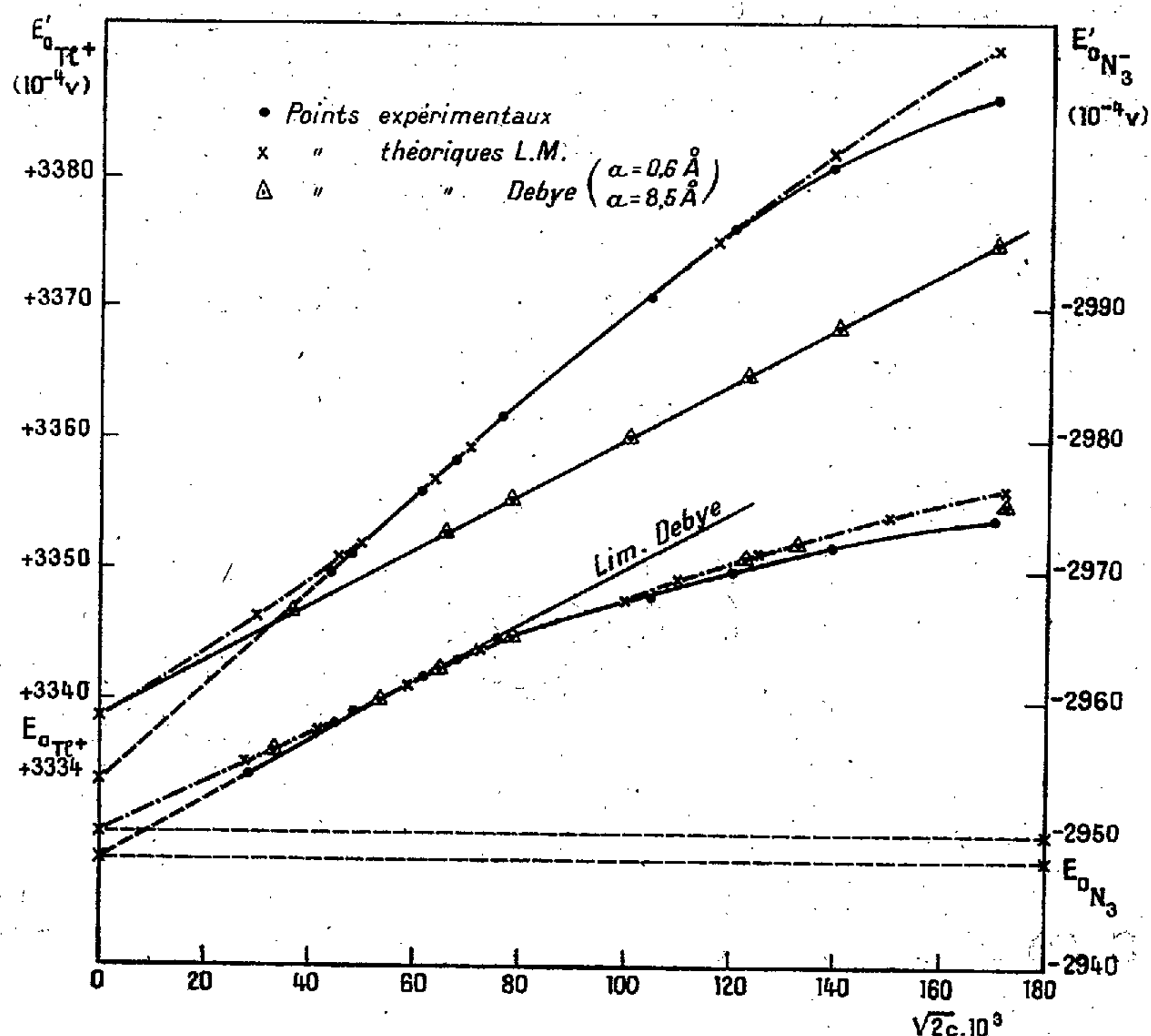
Les valeurs de $f+$ et $f-$, calculées d'après ces valeurs de E_0, sont données dans le tableau ci-dessus.

La confrontation des résultats expérimentaux avec la théorie permet, comme le montre la figure, de conclure qu'en ce qui concerne les grandeurs individuelles des ions (potentiel normal, rayon ionique, coefficient

(²) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 258.

(³) G. N. Lewis et Randall, *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, New-York, 1923.

d'activité), la théorie de Debye-Huckel, dans sa forme généralisée par Gronwall, La Mer et Sandved, rend compte des phénomènes d'une manière satisfaisante pour un domaine de concentration allant des solu-



tions les plus diluées jusqu'à 0,01 M au moins, et que le domaine de la validité de la théorie de Debye ne semble dépendre que de la grosseur des ions.

Le fait que les ions d'un électrolyte tel que N_3Tl aient des dimensions aussi dissemblables peut permettre d'expliquer les écarts observés précédemment, entre les valeurs expérimentales et celles calculées, en utilisant pour la détermination du E_0 de la pile sans transport la formule de La Mer qui postule essentiellement l'égalité des rayons ioniques. Il convient alors de calculer $\log f$ directement à partir des valeurs de $\log f^+$ et $\log f^-$ par la relation

$$\log f = \frac{1}{2}(\log f^+ + \log f^-).$$

La valeur de E_0 ainsi obtenue pour la pile sans transport, 6291 ± 1.10^{-4} V,

est en bon accord avec celle de l'extrapolation de Lewis (6290 ± 2) et celle (6289) que l'on déduit de la relation

$$E_{0\,\text{pile sans transport}} = E_{0_{Tl^+}} - E_{0_{N_3^-}}.$$

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Relations entre les altérations des revêtements protecteurs de l'acier et les variations d'une force électromotrice.* Note [1] de MM. **Antony Vila** et **Raoul Desalme**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. L'appréciation de la valeur d'un revêtement protecteur de l'acier est généralement basée sur le comportement d'une éprouvette soumise à une usure définie.

Afin de diminuer la durée d'un essai déjà réduit à quelques semaines, nous avons cherché à déceler la corrosion à son début, alors qu'elle est encore invisible, en utilisant la sensibilité des mesures électriques.

Nos premiers essais, où nous mesurions des résistances et des débits, avec des dispositifs comprenant dans la chaîne conductrice ou dans le couple une éprouvette d'acier peint, ayant échoué, nous avons cherché à mesurer la force électromotrice d'un couple sans être gênés par le phénomène de polarisation. On réalise une pile à grande résistance intérieure, dans laquelle la solution saline est remplacée par de l'eau pure et le charbon par un métal restant inaltéré. L'oxydation de l'acier, à son début, est décelée par une variation du potentiel d'un couple platine-acier protégé, mesurée par la méthode de Poggendorf.

En associant ces mesures de forces électromotrices à un procédé de vieillissement artificiel, on peut tracer des diagrammes représentant les variations de potentiel des éprouvettes d'acier soumises à cette épreuve. L'allure et les singularités de ces diagrammes caractérisent les revêtements examinés et permettent d'établir des comparaisons avec des types de produits connus.

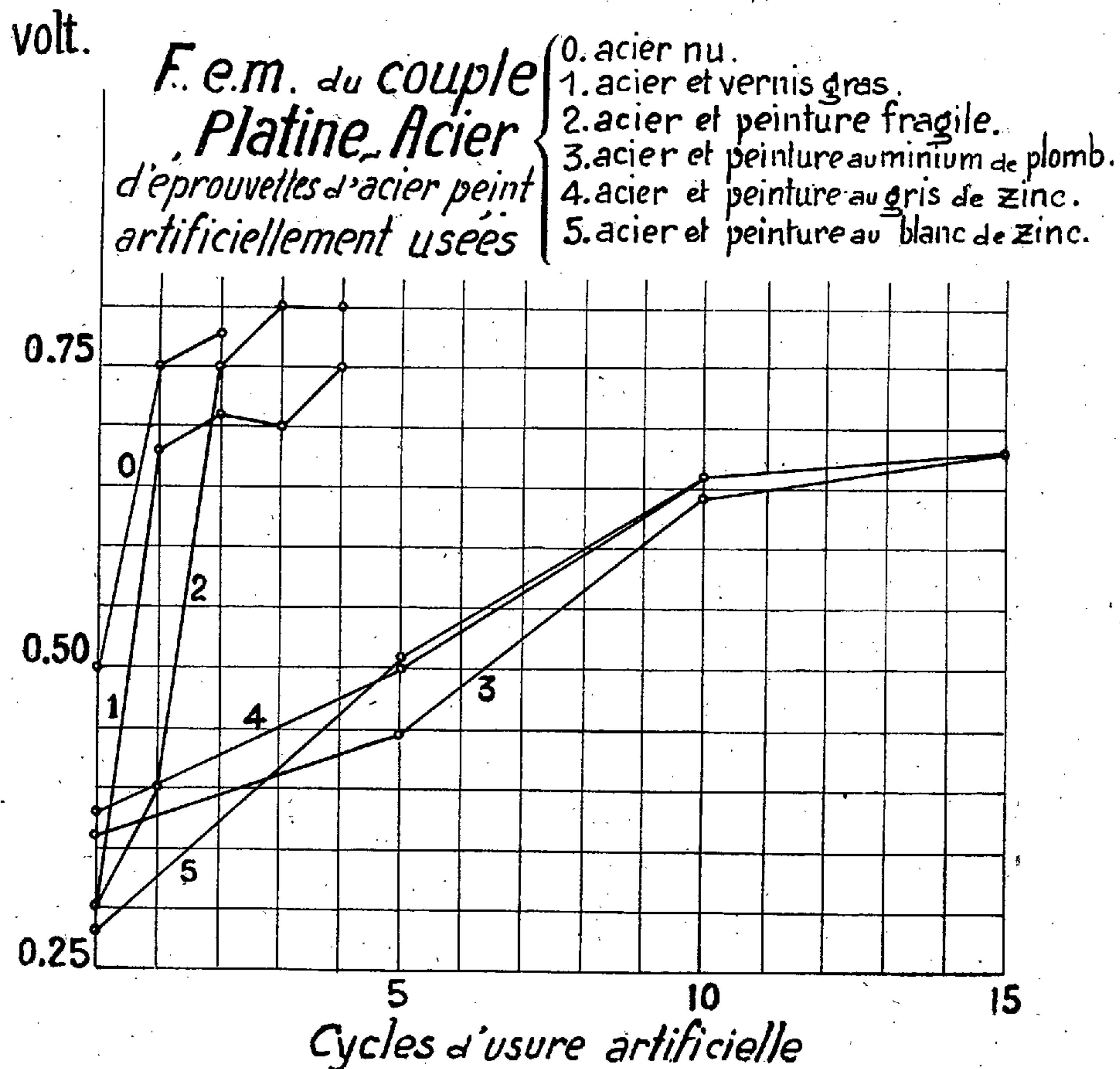
Ces mesures établissent un document objectif; de plus elles offrent l'avantage d'abréger la durée des essais de vieillissement artificiel en décelant l'altération du revêtement avant que les corrosions ou les détériorations de l'éprouvette d'acier protégé soient visibles à la loupe.

II. L'élément de pile utilisé comprend une éprouvette cylindrosphérique

---

[1] Séance du 2 mars 1942.

(10×100^{mm}) d'acier Thomas poli, dégraissé, revêtue de son film protecteur, associée à une électrode de platine (fil de 10/10 de millimètre). Ces deux électrodes sont plongées également dans les deux branches d'un tube en U en verre pyrex dans lequel circule lentement un courant d'eau pure récemment distillée. On détermine la force électromotrice de cette pile par une méthode de zéro en utilisant un élément Weston (1,0185 volt) opposé au couple étudié; en outre le circuit comprend un potentiomètre et un galvanomètre à miroir Deprez-d'Arsonval.



L'équilibre du système s'obtient en réglant le débit de la source auxiliaire (accumulateur de 4 volts) par la manœuvre d'un combinateur de résistances variables étalonnées en subdivision du volt jusqu'à 10^{-4} volt. A une première série de mesures effectuées sur le revêtement neuf succèdent, à quelques jours d'intervalle, des séries de mesures prises sur

l'éprouvette vieillie artificiellement par plusieurs cycles d'usure expérimentale dans un appareil spécialement construit pour cet usage ([2]). Chaque cycle d'épreuves comprend quotidiennement : une fatigue thermique (un gel à — 6° et des alternances d'échauffements à + 75° C. par la chaleur sèche et humide et de refroidissements à 15° pendant 6 heures), un séjour de 3 heures en atmosphère sulfureuse (à 2 % de SO^2 en volume), et une immersion dans l'eau de mer artificielle pendant 14 heures, en partie nocturnes. Les mesures de potentiel sont faites le lendemain des épreuves toutes les heures jusqu'à équilibre; seules les dernières valeurs sont retenues. Elles décèlent la corrosion du subjectile vers le 5ᵉ jour d'usure quand le film est fragile; vers le 15ᵉ ou le 20ᵉ, lorsqu'il est de longue ou de très longue durée.

III. Les résultats obtenus par cette méthode avec quelques peintures et vernis usuels appliqués sur acier sont représentés ci-contre :

Avec les revêtements perméables à l'eau, le film perd sa qualité isolante dès les premiers cycles d'épreuves : l'eau, l'oxygène et les réactifs du milieu extérieur pénètrent le film, arrivent au contact du métal et le corrodent. A ce moment le potentiel de l'éprouvette s'élève, la f. é. m. atteint une valeur voisine de 0,800 volt, tension de dissolution du fer en présence du platine. Les tracés des diagrammes se dressent brusquement.

Les éprouvettes d'acier protégé par des peintures antioxyde résistent longtemps aux épreuves, les tracés des diagrammes s'élèvent progressivement; quinze à vingt cycles d'usure artificielle ne suffisent pas toujours pour atteindre la valeur limite qui marque la perméabilité à l'eau du revêtement.

Nous poursuivons cette étude en appliquant le même dispositif expérimental à des couples dans lesquels l'acier est remplacé par des métaux légers et le platine par de l'acier inoxydable.

MAGNÉTISME. — *Sur l'anisotropie magnétique du caoutchouc.*
Note ([1]) de Mᵐᵉ **Eugénie Cotton**, née **Feytis**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au cours d'expériences sur les propriétés magnétiques de certains cristaux, j'avais suspendu l'un d'entre eux entre les pièces polaires d'un petit

([2]) A. Vila, *Recherches et inventions*, mars 1936, 17, n° 298, p. 79.

([1]) Séance du 2 mars 1942.

électroaimant. Ces pièces étaient plates, du même diamètre que les noyaux (5^{cm}), l'entrefer variait de 1,5 à 4^{cm} et le champ au centre de 8800 à 5500 gauss. Le cristal était suspendu à un fil de soie de très faible torsion par l'intermédiaire d'un petit anneau de caoutchouc obtenu en coupant un tuyau à gaz perpendiculairement à sa longueur. J'observai, sitôt le champ établi, que l'équipage s'orientait fortement, le couple dépassant en importance celui que j'attendais. Je m'aperçus que ce couple subsistait lorsqu'on enlevait le cristal et que l'anneau de caoutchouc restait seul en cause.

On observe le même phénomène sur un anneau de caoutchouc paramagnétique et sur un anneau de caoutchouc diamagnétique, que l'échantillon soit souple ou qu'il soit devenu cassant, que l'anneau soit complet ou qu'il présente une coupure. Au lieu d'anneaux plats on peut suspendre dans le champ des morceaux de tuyaux plus longs, de 2 à 3^{cm} par exemple. Il est alors particulièrement frappant de voir que ces tubes se disposent toujours axialement dans le champ employé, alors que dans ces conditions des corps isotropes allongés ne s'orientent ainsi que s'ils sont paramagnétiques.

Les expériences précédentes étaient faites avec des caoutchoucs commerciaux : ces substances ont subi la vulcanisation; en outre elles renferment souvent des matières étrangères; enfin pendant leur fabrication elles ont été soumises à des actions mécaniques variées. Pour ces raisons j'ai expérimenté sur du caoutchouc obtenu par simple coagulation du latex. En mettant ce latex dans un petit tube cylindrique de verre (long. 25^{mm}, diam. 6^{mm} env.) et en ajoutant une goutte d'acide acétique, on obtient facilement de petits barreaux qu'on peut suspendre dans l'entrefer par leur milieu. On constate que le coagulum, diamagnétique comme le latex, s'oriente diamétralement dans le champ comme le fait, dans les mêmes conditions, un barreau d'un corps isotrope diamagnétique. Mais il n'en est plus de même après que le cylindre a été soumis à une traction suffisante pour lui laisser un allongement permanent. Par exemple, dans une expérience, un cylindre a été attaché par ses deux extrémités à deux anneaux d'os et soumis à une force de 1^{kg} pendant 36 heures (température 6°); sa longueur, qui était de 2^{cm}, est devenue $7^{cm},8$. Une portion de ce cylindre étiré, examinée comme précédemment, s'est alors orientée à 60 degrés des lignes de force. Un autre petit cylindre de latex coagulé a été *racké*, c'est-à-dire qu'il a été étiré dans de l'eau chaude puis plongé immédiatement dans de l'eau froide, ces deux opérations successives étant répétées à plusieurs reprises. Un cylindre allongé de la sorte,

suspendu aussitôt dans le champ, s'est placé parallèlement aux lignes de force.

Des cylindres plus gros de latex coagulé (de $1^{cm},5$ de diamètre par exemple) ont été comprimés avec une presse, soit en les laissant s'aplatir, soit en les entourant d'un moule en bois pour qu'ils gardent leur forme cylindrique. En les suspendant dans le champ horizontal de façon que la direction suivant laquelle s'est exercée la compression soit elle-même horizontale, on constate cette fois, dès qu'on établit le champ, que cette direction se place perpendiculairement aux lignes de force.

Ces expériences sur le latex coagulé rendent compte des expériences analogues que l'on peut faire sur des échantillons de caoutchouc commercial qui ont été soumis, soit pendant leur fabrication, soit après, à des actions mécaniques énergiques. Quelle que soit la composition des échantillons en cause, leur caractère para ou diamagnétique, nous avons toujours constaté que la direction suivant laquelle ils sont restés étirés tend à se placer parallèlement aux lignes de force, tandis que la direction suivant laquelle ils sont restés comprimés se dispose à angle droit de ces lignes. On constate en outre que la grandeur des couples d'orientation croît avec l'importance de la déformation. C'est ainsi qu'en enroulant un bracelet de caoutchouc auquel on fait faire un nombre variable de tours suivant le diamètre d'un disque de liège suspendu horizontalement dans le champ, on observe que la durée d'oscillation de l'équipage, dont le moment d'inertie demeure sensiblement constant, grandit avec le nombre de tours.

Ces faits sont à rapprocher d'expériences un peu oubliées que faisait J. Tyndall [2], il y a près de cent ans, sur les modifications des propriétés magnétiques de diverses substances soumises à la compression. Quand il opérait avec de la cire, qui est diamagnétique, ou avec un cube obtenu en comprimant de la poudre de bismuth, qui est également diamagnétique, il trouvait la règle qui a été énoncée ci-dessus pour l'orientation dans le champ. Avec la poudre d'une substance paramagnétique (sidérose), la direction de compression se plaçait cette fois suivant les lignes de force. Dans le cas actuel, si le résultat est le même, que le caoutchouc soit para- ou diamagnétique, c'est sans doute parce que la substance qui possède les propriétés élastiques est diamagnétique : c'est la charge surajoutée qui rend parfois l'ensemble attirable par un pôle d'aimant.

L'explication de cette anisotropie magnétique est sans doute à chercher

---

(2) *Researches on Diamagnetism and Magne-Crystallic action*, Londres, 1870.

dans la répartition non homogène des éléments matériels de la substance étirée ou comprimée. C'est de cette manière qu'on explique certains phénomènes déjà connus présentés par le caoutchouc, la biréfringence d'une lame tendue et les figures obtenues au moyen des rayons X ou par diffraction électronique.

L'anisotropie magnétique du caoutchouc naturel se retrouve dans le caoutchouc synthétique, ainsi que j'ai pu le constater. D'autres matières plastiques, différentes du caoutchouc, la présentent également; je l'ai observée sur le plexiglas, par exemple. Comme cette propriété est facile à constater et à mesurer, elle pourrait peut-être servir à chercher si deux objets qui paraissent être pareils ont été fabriqués de la même façon ou soumis aux mêmes actions mécaniques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un maximum de solubilité de l'anhydride borique dans l'acide nitrique concentré.* Note ([1]) de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Paul Lebeau.

La solubilité de l'acide borique (BO^3H^3) dans l'eau est influencée par l'addition de différents corps organiques ou minéraux. Hertz ([2]) a indiqué, entre autres, que l'addition des acides chlorhydrique, sulfurique, nitrique abaisse cette solubilité. Dans le cas particulier de l'acide nitrique, la concentration maximum en NO^3H des mélanges étudiés par Hertz était de 60 %.

J'ai été conduit, dans le but de traiter la cellulose par les mélanges nitroboriques, à préparer des solutions d'anhydride borique, dans des acides à concentrations croissantes, de 70 à 100 % en poids de NO^3H. Les solubilités de l'anhydride borique, qui augmentent avec la température, sont alors beaucoup plus élevées que dans les mélanges dilués.

Afin de préciser ces résultats, l'étude des solubilités de B^2O^3 dans l'ensemble des mélanges eau-acide nitrique (de 0 à 100 % de NO^3H) a été reprise.

L'acide nitrique de titre connu est placé dans un flacon rodé maintenu à température constante (30° pour la plupart des essais). L'anhydride

([1]) Séance du 16 février 1942.

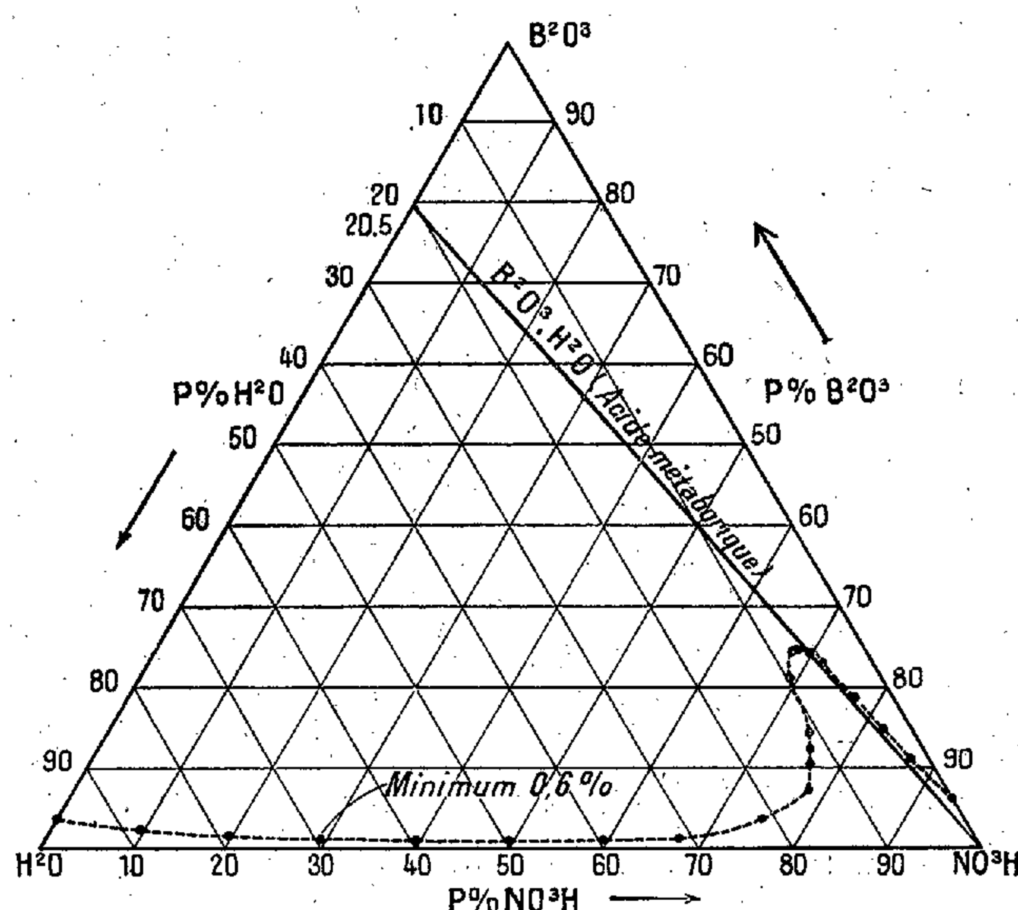
([2]) *Zeits. anorg. Chem.*, 33, 1903, p. 355; 34, 1903, p. 205; 65, 1910, p. 341; 66, 1910, pp. 93-358; 67, 1910, p. 365; 68-69, 1910, p. 165; 71, 1911, p. 206; 72, 1911, p. 106; 73, 1912, p. 274.

borique, fondu et transparent, pulvérisé très fin, est ajouté par petites portions, jusqu'à obtention d'une faible quantité d'insoluble permanent. La solution décantée dans un creuset taré est évaporée au bain-marie puis chauffée à 360° C. à poids constant. L'anhydride borique dissous est dosé en présence de glycérine et de phénolphtaléine. Dans les solutions très riches en eau, une petite partie de l'anhydride est condensée avec les eaux faiblement nitriques; une deuxième évaporation permet d'en recueillir la presque totalité. Le titre initial de la solution nitrique est vérifié par dosage de l'acide évaporé.

Cette méthode donne, à moins de 1 % près, le poids d'anhydride borique en solution.

Les résultats obtenus permettent (voir la figure) les conclusions suivantes :

1° *Entre* 0 *et* 60 % *de* NO^3H (*titre initial de l'acide*), on observe un



minimum de solubilité de l'anhydride borique, 0,6 %, pour une concentration voisine de 30 % de NO^3H. La courbe de solubilité de l'anhydride, calculée en acide borique, coïncide sensiblement avec celle de Hertz ([2]). L'anhydride se dissoudrait donc sous forme d'acide orthoborique BO^3H^3.

2° *Entre* 60 % *et* 91 % *de* NO^3H, la solubilité, d'abord constante et égale à 0,95 %, croît considérablement et atteint 25 %. Dans la partie montante de la courbe l'addition à la solution nitrique d'un excès d'anhydride borique augmente la solubilité de ce dernier. Des essais systématiques

permettent de penser que l'anhydride borique se conduit dans cette région de la courbe comme un déshydratant des solutions nitriques.

3° *Entre* 91 % *et* 100 % *de* NO^3H, la solubilité décroît, d'abord lentement, puis rapidement; à partir de 94 %, la courbe de solubilité est parallèle à la droite représentant le rapport stœchiométrique B^2O^3/H^2O (acide métaborique). Dans cet intervalle, le poids d'anhydride borique qui passe en solution est proportionnel, à une quantité constante près, au poids d'eau contenu dans l'acide nitrique, et dans le rapport B^2O^3/H^2O. Tout se passe comme si, à une solubilité constante près, assez faible (1,5 à 2 %), de l'anhydride borique, se superposait la dissolution de la totalité de l'acide métaborique formé par fixation de l'eau libre de la solution. Cette hypothèse est confirmée : 1° par le fait qu'un acide à 100 % de NO^3H, légèrement dissocié, contient en réalité une faible proportion d'anhydride azotique et d'eau permettant encore la formation d'acide métaborique; 2° par la faible solubilité (inférieure à 2 %) de l'anhydride borique dans les solutions contenant 2 à 3 % d'anhydride azotique libre (acide à 100 % additionné d'anhydride azotique).

En résumé, d'après les essais effectués à 30° C., les solutions nitroboriques contiendraient soit de l'acide orthoborique (NO^3H inférieur à 60 %), soit un équilibre d'acide méta et d'acide orthoborique (NO^3H compris entre 60 et 94 %); soit, à partir de 94 %, de l'acide métaborique et une faible quantité, constante d'ailleurs, d'anhydride borique. La solubilité maximum, qui croît avec la température, est, à 30° C., de 25 % pour un titre initial de l'acide de 91 % en NO^3H.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de la vapeur d'eau par l'aluminium en présence de traces de mercure.* Note de MM. **Louis Hackspill** et **Raymond Rohmer**, présentée par M. Delépine.

L'un de nous a étudié la réduction de la vapeur d'eau par le magnésium à l'état de grande pureté (1).

De 0° à 45° il y a formation de magnésie hydratée $Mg(OH)^2$, cristallisée, analogue à la brucite; au-dessus de 180°, l'oxyde anhydre MgO prend naissance. Entre 45° et 180°, le métal ne réagit pas sur la vapeur d'eau.

(1) L. Hackspill, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 458.

L'aluminium pur (titrant plus de 99,9 %) ne réduit pas la vapeur d'eau à froid. Par contre, on sait depuis longtemps qu'une lame légèrement amalgamée, soumise à l'action de l'air humide, se recouvre rapidement d'une épaisse couche d'alumine hydratée.

Pour avoir des expériences comparables entre elles, nous avons utilisé des lames soumises pendant une centaine d'heures dans le vide, à l'action de la vapeur saturante du mercure, voisine, à la température ordinaire, du millième de millimètre. La quantité de métal lourd ainsi fixé est impondérable. Elle est inférieure au dixième de milligramme pour 100^{cm^2} de surface d'aluminium. Cette proportion est suffisante pour provoquer la formation d'alumine dès la température ordinaire et même au-dessous de cette température, lorsque la vapeur d'eau est introduite dans l'appareil où a lieu l'amalgamation.

Il se produit en même temps un dégagement d'hydrogène que l'on peut suivre, dès son origine, à l'aide d'une jauge de Mac Léod.

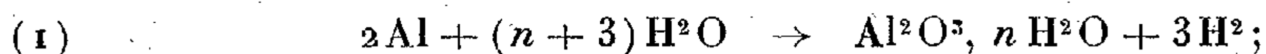
L'expérience a été répétée un certain nombre de fois en utilisant la tension fixe de la vapeur émise par de l'eau maintenue à 15°, et en faisant varier la température de la lame d'aluminium. Nous avons ainsi observé les faits suivants :

1° Entre 20° et 90°, la vitesse de la réaction diminue lorsque la température augmente;

2° Le dégagement d'hydrogène s'arrête complètement à 90° pour ne reprendre qu'au-dessus de 210°;

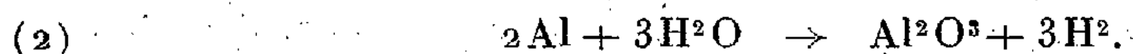
3° L'oxyde formé est d'une extrême légèreté, d'une densité apparente très faible. Il est constitué par de l'alumine hydratée amorphe aux rayons X, de formule Al^2O^3, nH^2O, n étant variable d'une expérience à l'autre, mais toujours supérieur à 3, et tendant vers 3 lorsque le produit est maintenu dans le vide pendant plusieurs semaines.

L'explication la plus simple consiste à admettre que les choses se passent comme dans le cas du magnésium. On se trouverait en présence de deux réactions bien distinctes : la première, se produisant à la température ordinaire à 90,



$$(1) \qquad 2Al + (n+3)H^2O \rightarrow Al^2O^3,\ nH^2O + 3H^2;$$

la seconde, au-dessus de 210°,



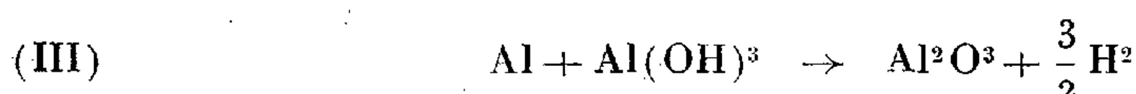
$$(2) \qquad 2Al + 3H^2O \rightarrow Al^2O^3 + 3H^2.$$

Si la réaction (1) est bien conforme à la réalité des faits, il n'en va pas de même de la seconde.

En effet, lorsqu'on élève progressivement la température, entre 20° et 210°, en présence de vapeur d'eau, l'alumine hydratée formée tout d'abord se déshydrate progressivement, mais très lentement, de sorte qu'il reste encore au-dessus de 210° de l'eau combinée.

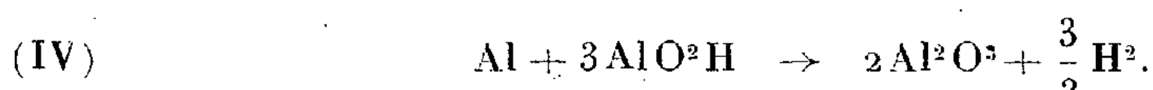
A partir de cette température, ce n'est pas la vapeur de l'atmosphère ambiante, mais de l'eau ou même probablement des ions (OH) déjà liés à l'aluminium qui réagissent. Ainsi une lame d'aluminium amalgamée, portée à une température supérieure à 210° et mise au contact de la vapeur d'eau, ne donne lieu à aucun dégagement gazeux appréciable, tandis que l'hydrogène est rapidement mis en liberté lorsqu'on porte dans le vide, à cette même température, une lame recouverte d'alumine hydratée.

L'équation (II) doit donc être remplacée par l'une des suivantes :



(III) $$Al + Al(OH)^3 \rightarrow Al^2O^3 + \frac{3}{2}H^2$$

ou



(IV) $$Al + 3AlO^2H \rightarrow 2Al^2O^3 + \frac{3}{2}H^2.$$

En réalité la première lame, celle qui n'a pas subi l'oxydation à la température ordinaire, subit aussi une modification, au moins superficielle, lorsqu'elle se trouve à 210°, au contact de la vapeur, car elle devient passive et n'est plus attaquée, même à la température ordinaire. Il est vraisemblable que cette passivité est due à la formation d'une couche invisible, tout à fait superficielle, mais cependant absolument continue d'oxyde anhydre, tandis que l'hydrate, moins adhérent, n'est pas protecteur. L'action immunisante de cet enduit cesse à 310°, température à laquelle l'aluminium, même non amalgamé, réagit sur la vapeur d'eau.

En résumé, l'action de l'aluminium légèrement amalgamé sur la vapeur d'eau est beaucoup plus complexe que celle du magnésium sur le même composé. Cela pour deux raisons :

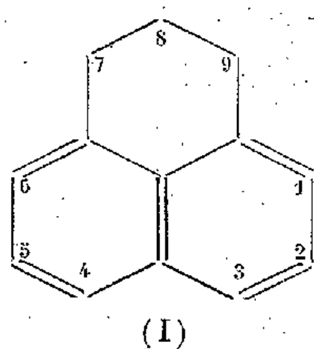
1° en premier lieu, parce qu'il existe plusieurs variétés allotropiques de l'alumine anhydre, deux hydrates définis, et de l'eau d'adsorption retenue énergiquement ([2]);

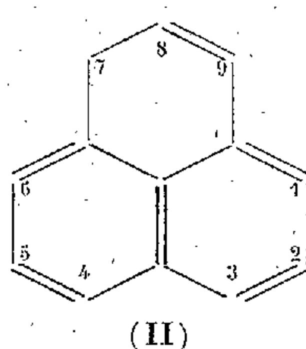
([2]) H. B. Weiser et W. O. Milligan, *Journ. physic. Chemist.*, 36, 1932, p. 3010; voir également R. Ridgway, A. Klzin et O'Leary, *Transac. Electrochem. Soc.*, 70, 1936, 16 pages; Hackspill et Stempel, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 11, 1935, p. 1078; E. Stempel, *Thèse*, Strasbourg, 1929

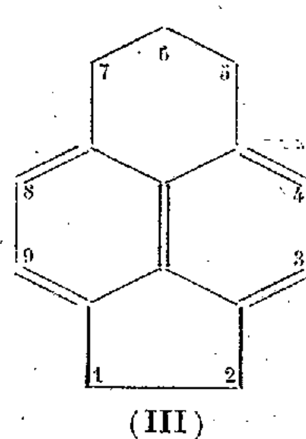
2° par suite de la passivité conférée dans certaines conditions au métal, par une couche protectrice infiniment mince d'oxyde dont la nature n'a pu être déterminée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau type de carbure aromatique, l'acéphénalane et ses dérivés*. Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

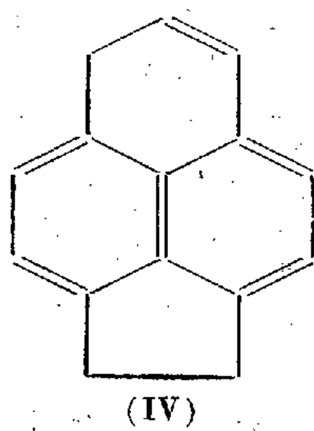
L'étude des systèmes aromatiques condensés est d'une importance primordiale pour la connaissance des substances cancérigènes. Le méthylcholanthrène, par exemple, est un dérivé de l'acénaphtène (V). Un autre noyau intéressant à ce point de vue est celui du *phénalane* (I) ou dérivé hydrogéné du phénalène (II). Nous décrivons ici un nouveau carbure tétracyclique (III), qui dérive soit de (V) par adjonction d'un cycle hexagonal en 5.6, soit de (I) par l'introduction d'un cycle pentagonal

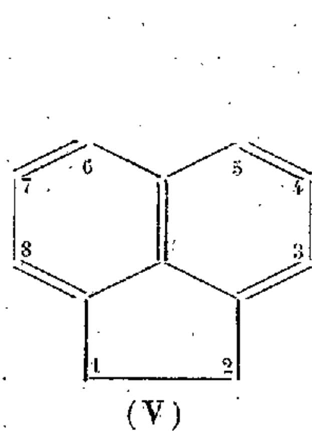

(I)

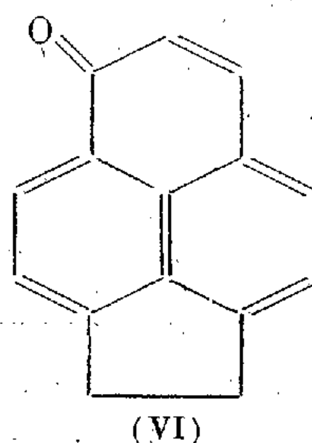

(II)


(III)

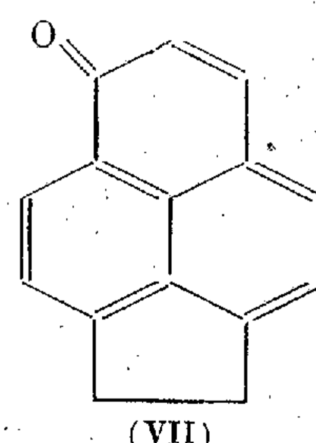
en 3.4. Nous proposons pour ce carbure le nom d'*acéphénalane* et, pour le noyau non saturé correspondant (IV), le nom de *déhydro*-5.6-*acéphénalane*. La méthode de synthèse de (III) consiste à partir du 5-bromo-


(IV)


(V)



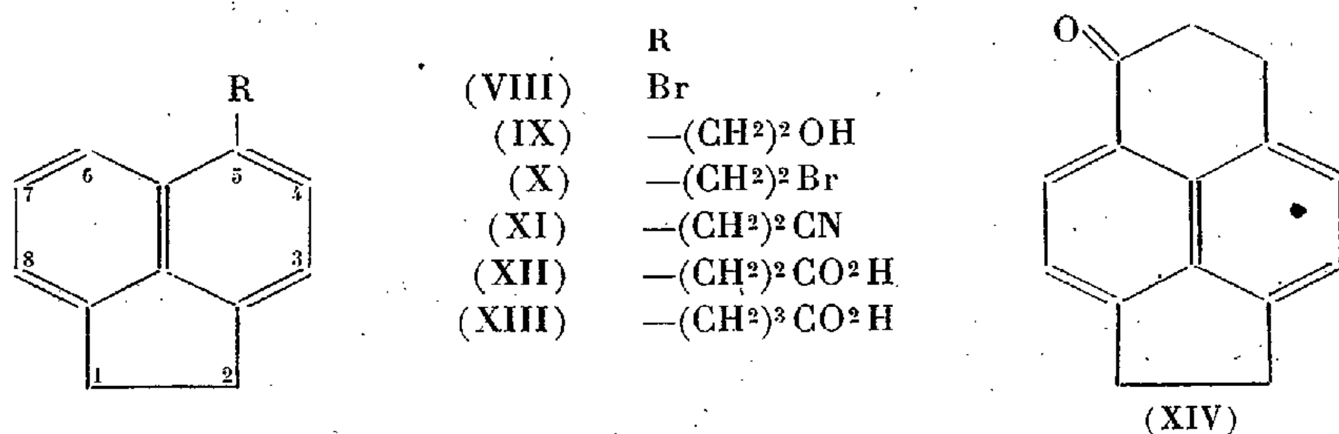
(VI)



(VII)

acénaphtène (VIII), dont on fait le magnésien qui réagit sur l'oxyde d'éthylène en donnant l'alcool 5-acénaphtyléthylique (IX). Le bromure (X) de cet alcool, condensé avec KCN, fournit le nitrile (XI) qui est saponifié en

acide 5-acénaphtyl-β-propionique (XII). La constitution de (X) a été fixée



par synthèse malonique, qui a conduit à l'acide 5-acénaphtyl-γ-butyrique (XIII) déjà préparé selon une autre méthode ([1]). Le chlorure de l'acide (XII) est cyclisé par $AlCl^3$ en 7-acéphénalanone (XIV), qu'une réduction par la méthode de Clemmensen transforme en (I). La cétone (XIV) est vivement colorée en jaune à l'état brut, mais devient totalement incolore à la suite de cristallisations répétées. Le chrysogène qui l'accompagne est la 7-acéphénalénone, qui correspond à l'une ou l'autre des formules (VI) et (VII); cette cétone non saturée provient de la déshydrogénation partielle de (XIV) sous l'action d'$AlCl^3$ au cours de la cyclisation. Nous l'avons obtenu à partir de (V) et du chlorure de l'acide cinnamique en présence d'$AlCl^3$ à chaud : le cinnamoylacénaphtène formé tout d'abord se cyclise en perdant son noyau benzénique. En raison de sa coloration jaune intense et de ses propriétés basiques accentuées, nous attribuons à la 7-acéphénalénone la structure quinonique (VII). Il est à remarquer par ailleurs que la 7-phénalanone, décrite par plusieurs auteurs ([2]) comme étant jaune (ce qui serait *a priori* extraordinaire du point de vue des relations entre la couleur et la structure moléculaire), est incolore quand elle est pure et débarrassée de son chrysogène, la 7-phénalénone (par épuisement de la solution benzénique à ClH concentré), ce qui concorde avec les travaux de Cook ([3]) et de Robinson ([4]).

Mode opératoire. — 1° (VIII) E 160°, a été préparé selon Graebe ([5]); 2° (IX) $C^{14}H^{14}O$: une solution de 160g de (VIII) dans 500cm³ d'éther contenant 30g C^2H^5Br est versée

---

([1]) Fieser et Peters, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 4373.

([2]) Meyer et Sieglitz, *Ber. d. chem. Ges*, 55, 1922, p. 1835; Darzens et Lévy, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 502.

([3]) Cook et Hewett, *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 365.

([4]) Robinson et Klyne, *ibid.*, 1938, p. 1991.

([5]) *Liebig's Ann.*, 327, 1903, p. 77.

goutte à goutte en 4 heures sur 18g Mg recouvert d'éther; on chauffe 6 heures au bain-marie, refroidit à — 10° et ajoute 40g d'oxyde d'éthylène dans 40cm³ d'éther; on laisse 6 heures et chasse l'éther vers 70° pendant 4 heures, puis traite comme d'habitude. On a 56 % de rendement en un solide $E_{0,9}$ 180°, fondant à t° ordinaire, donnant une phényluréthane $C^{21}H^{19}O^2N$ qui cristallise de C^6H^6 en aiguilles soyeuses, F 161°; 3° (X) $C^{14}H^{13}Br$; on fait agir PBr^3 sur (IX) dissous dans CCl^4, $E_{0,8}$ 171°, F 75° (de l'alcool); 4° (XI) $C^{15}H^{13}N$, aiguilles brillantes, F 83° (de l'alcool); 5° (XII) $C^{15}H^{14}O^2$; on saponifie (XII) par KOH alcoolique à reflux 3 heures, fines aiguilles, F 189° (de C^6H^6), donnant avec $SOCl^2$ un chlorure d'acide $C^{15}H^{13}OCl$ sous forme de longues aiguilles (de C^6H^6 + ligroïne) F 104° (instantané); ce chlorure réagit sur NH^3 concentré en donnant l'amide $C^{15}H^{15}ON$, cristallisant de C^6H^6 sous forme de fines aiguilles, F 149°; 6° 5-acénaphtyléthyl-malonate d'éthyle $C^{21}H^{24}O^4$; (X) est condensé avec le malonate d'éthyle sodé dans l'alcool 4 heures à reflux; liquide visqueux, $E_{1,3}$ 220-230°; 7° (XIII); par saponification du malonate précédent et distillation on a un acide, F 148° (de C^6H^6), $E_{1,2}$ 215-220°, identique à celui de Fieser et Peters (¹), et dont l'amide $C^{16}H^{17}ON$ cristallise de l'alcool sous forme de fines aiguilles soyeuses F 182°; 8° (XIV) $C^{15}H^{12}O$: le chlorure de (XII), dissous dans $C^6H^5NO^2$, est additionné à 0° d'$AlCl^3$, on laisse une nuit, fait le vide sur la solution, et décompose comme d'ordinaire. Après distillation, on a un solide jaune, E_1 195°-205, qui est cristallisé 5 fois dans l'alcool où il est peu soluble; on obtient des aiguilles soyeuses, incolores, F 194°, solubles en rouge dans SO^4H^2, donnant une oxime cristallisant de l'alcool en petites aiguilles, F 240° (inst.) et une semicarbazone très peu soluble dans l'alcool et se carbonisant vers 235-245°; 9° (III) $C^{15}H^{14}$; (XIV) est chauffé 48 heures avec Zn amalgamé + ClH en présence d'un peu de méthanol et de benzène; magnifiques aiguilles incolores, soyeuses, $E_{1,3}$ 168-170°, F 122° (de l'alcool), très soluble dans C^6H^6, stables à l'air et la lumière, donnant avec le 1.3.5-trinitrobenzène une combinaison moléculaire [aiguilles jaune cuivré, F 116° (de C^6H^6 + ligroïne)]; 10° (VII) $C^{15}H^{10}O$; préparé selon la méthode de Koelsch et Anthes (⁶) appliquée au naphtalène; fines aiguilles jaune foncé (de C^6H^6 + ligroïne), F 177-178° (inst.), donnant des solutions sulfuriques à fluorescence verte intense; la combinaison avec ClH (rouge orangé) est peu soluble.

Nous poursuivons ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de préparation et quelques propriétés des éthers uréocarboniques*. Note de M. **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

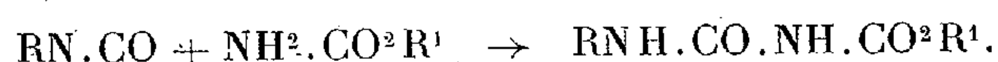
Nous avons montré (¹) que les N-chlorocarbamates RO.CO.NHCl donnent des sels RO.CO.NClMe doués de remarquables aptitudes

(⁶) *J. org. Chem.*, 6, 1941, p. 558.

(¹) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 362

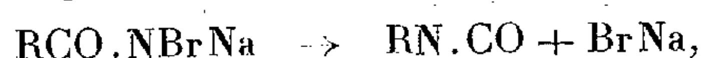
réactionnelles. Les réactions d'addition ont été étudiées dans la Note précédente, nous décrirons dans celle-ci celles dites de condensation.

Dans cet ordre d'idées, Folin [2] a montré que l'action des éthers isocyaniques sur les carbamates conduit aux allophanates, appelés encore *éthers uréocarboniques*,



$$RN.CO + NH^2.CO^2R^1 \rightarrow RNH.CO.NH.CO^2R^1.$$

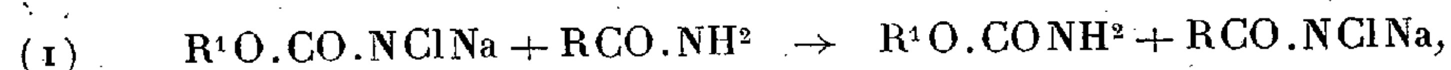
Un peu plus tard, Mauguin [3] a signalé que l'on pouvait utiliser comme source d'éther isocyanique les amides bromés sodés :



$$RCO.NBrNa \rightarrow RN.CO + BrNa,$$

Le procédé que nous allons décrire se distingue des précédents par sa simplicité et les rendements élevés auxquels il conduit.

Préparation. — L'action du sel alcalin d'un N-chlorocarbamate sur les amides conduit aux éthers uréocarboniques. On peut admettre la suite des réactions suivantes :



(1) $$R^1O.CO.NClNa + RCO.NH^2 \rightarrow R^1O.CONH^2 + RCO.NClNa,$$

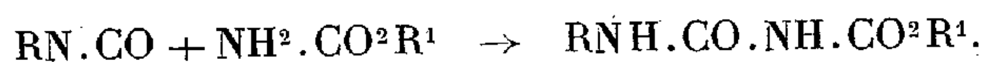


(2) $$RCO.NClNa \rightarrow RNCO + ClNa,$$



(3) $$RN.CO + R^1O.CONH^2 \rightarrow RNH.CO.NH.CO^2R^1.$$

La nature du milieu dans lequel s'effectue la réaction n'est pas indifférente. Le milieu benzénique convient particulièrement; dans certains cas on peut opérer même en milieu aqueux. En milieu alcoolique, les résultats sont plus complexes, parce que l'éther isocyanique transitoirement formé aux dépens de l'amide réagit, partie sur l'alcool pour donner un carbamate N-substitué, $RN.CO + R^1OH \rightarrow RNH.COOR^1$, partie sur l'uréthane, conduisant à l'éther uréocarbonique :



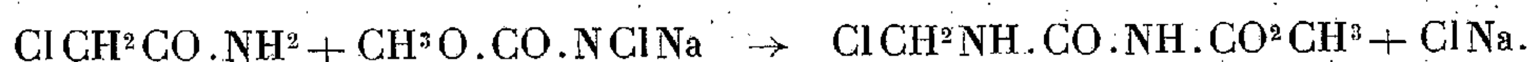
$$RN.CO + NH^2.CO^2R^1 \rightarrow RNH.CO.NH.CO^2R^1.$$

Ainsi l'amide nicotique, traité en milieu alcoolique par le sel de sodium du N-chlorocarbamate de méthyle, donne le nicotyluréocarbonate de méthyle (C₅H₄N)$NH.CO.NH.CO^2CH^3$ (F 218°) et le nicotylcarbamate d'éthyle (C₅H₄N)$NH.CO^2C^2H^5$ (F 85°) déjà décrit par Curtius et Mohr [4].

---

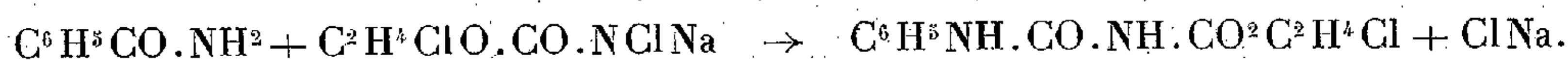
(2) *Am. Chem. J.*, **19**, 1897, p. 323.
(3) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **22**, 1911, p. 297.
(4) *Ber. d. chem. Ges.*, **31**, 1898, p. 2494.

La présence d'halogènes soit dans l'amide, soit dans le carbamate, n'est pas un obstacle à cette réaction. Ainsi la chloracétamide réagissant sur le sel de sodium du N-chlorocarbamate de méthyle, conduit au chlorométhyl-uréocarbonate de méthyle (F 168°) :



$$ClCH^2CO.NH^2 + CH^3O.CO.NClNa \rightarrow ClCH^2NH.CO.NH.CO^2CH^3 + ClNa.$$

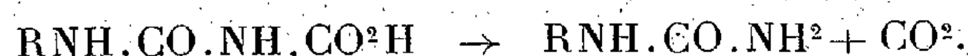
De même l'action de la benzamide sur le sel de sodium du N-chlorocarbamate de β-chloroéthyle conduit au phényluréocarbonate de β-chloroéthyle (F 117°,5) :



$$C^6H^5CO.NH^2 + C^2H^4ClO.CO.NClNa \rightarrow C^6H^5NH.CO.NH.CO^2C^2H^4Cl + ClNa.$$

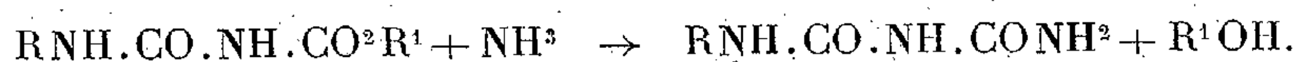
Ce mode de préparation des éthers uréocarboniques, appliqué aux monoamides simples aliphatiques ou aromatiques, paraît général et s'effectue avec de bons rendements, la formiamide toutefois conduit aux allophanates avec des rendements médiocres.

Propriétés des éthers uréocarboniques. — Soumis à l'action des alcalis ou des carbonates alcalins, ces composés sont saponifiés et conduisent au sel alcalin de l'acide uréocarbonique qui, traité par un acide, se dédouble en urée monosubstituée et gaz carbonique :



$$RNH.CO.NH.CO^2H \rightarrow RNH.CO.NH^2 + CO^2.$$

Cette réaction s'effectue avec d'excellents rendements et constitue un mode de préparation des urées monosubstituées paraissant général. Par amidification au moyen de l'ammoniaque, on obtient facilement les biurets substitués :



$$RNH.CO.NH.CO^2R^1 + NH^3 \rightarrow RNH.CO.NH.CONH^2 + R^1OH.$$

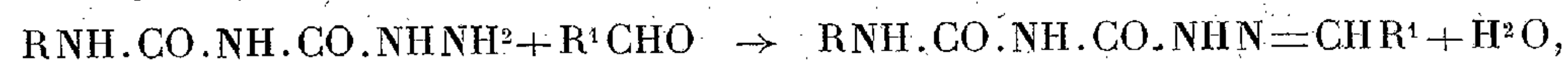
Si l'on traite un éther uréocarbonique par l'hydrate d'hydrazine, on obtient l'hydrazide correspondante :



$$RNH.CO.NH.CO^2R^1 + NH^2NH^2 \rightarrow RNH.CO.NH.CO.NH.NH^2 + R^1OH$$

que l'on peut considérer comme une alcoyl (ou aryl) carbamylsemicarbazide. Ce type de composé ne semble pas avoir été décrit.

Les alcoylcarbamylsemicarbazides se combinent aisément avec les aldéhydes et les cétones en donnant des alcoylcarbamylsemicarbazones :



$$RNH.CO.NH.CO.NHNH^2 + R^1CHO \rightarrow RNH.CO.NH.CO.NHN{=}CHR^1 + H^2O,$$

qui s'hydrolysent en milieu chlorhydrique en régénérant l'aldéhyde ou la cétone.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine sédimentaire de la structure* cone-in-cone. Note (1) de M. **Antoine Bonte**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La structure *cone-in-cone* existe dans de nombreuses formations géologiques, où elle se présente à l'intérieur de nodules et plus rarement sous forme de couche continue. Elle a été signalée principalement dans les sédiments paléozoïques, mais elle existe également dans le Crétacé. Je l'ai observée aussi, en lits continus, dans le Pliensbachien des Ardennes (Zone à *Astarte striatosulcata*) et dans le Muschelkalk de l'Hérault (Neffiès).

Plusieurs hypothèses ont été émises relativement à l'origine de cette structure; M. Cayeux, après les avoir successivement envisagées dans son important Mémoire sur les Roches carbonatées (p. 277), conclut en donnant une part prépondérante aux phénomènes dynamiques. Plus récemment, M. M.-E. Denayer (2) a tenté d'expliquer la formation des cônes par un processus de décompression locale.

Les hypothèses dynamiques ne semblent pas cependant pouvoir s'accorder avec certains faits, notamment, la localisation de cette structure particulière dans des nodules, à l'exclusion des schistes encaissants, et l'existence de lits plus ou moins continus; elle ne tient pas compte de la présence constante de matière organique au centre des gâteaux ou à la base des lits, cette matière organique n'existant pas, au moins en aussi grande abondance, au voisinage,

L'examen de nombreux nodules provenant des schistes à *Didymograptus balticus* et *D. deflexus* (« Schistes à gâteaux ») de l'Arenig moyen de la Montagne Noire m'a conduit à une explication qui semble pouvoir rendre compte de toutes les particularités de la structure *cone-in-cone*.

Sans insister sur la description des nodules, qui fera l'objet d'une étude détaillée, il est nécessaire cependant de préciser deux points qui ne semblent pas encore avoir été signalés : 1° les cônes se développent toujours de la périphérie vers le centre; ils sont en effet de grande taille et bien individualisés dans la zone externe, tandis qu'à l'approche du noyau, qu'ils n'atteignent pas toujours, ils sont petits et à peine marqués, pour s'estomper souvent dans une zone indifférenciée; 2° l'examen de la surface

(1) Séance du 2 février 1942.
(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2004.

et la nature de la gangue amènent à penser que les nodules ont été remaniés sur place, au cours d'une reprise pénécontemporaine, et ne se trouvent donc pas exactement dans leur gisement primitif.

Les gâteaux de l'Arenig sont généralement assez épais et l'existence de très nombreux cônes qui interfèrent masque le plus souvent la disposition originelle de ces derniers. L'observation des échantillons très plats est, par contre, extrêmement instructive.

Le nodule le plus typique que j'ai rencontré renferme un bel exemplaire de *Megalaspis*; il a un contour ovale conditionné par la forme même du fossile. La surface externe est ornée de nombreuses protubérances arrondies, plus ou moins en relief, qui correspondent à la base des cônes; un examen attentif permet de constater que certaines protubérances sont alignées et que ces alignements forment avec l'axe du nodule un angle qui est précisément celui des plèvres avec l'axe du fossile; d'autres sont alignées parallèlement à l'axe et correspondent exactement à la ligne de séparation des plèvres et de l'axe. Cette même ligne de séparation se manifeste aussi très nettement, dans l'arrangement des cônes, sur deux autres nodules.

Les caractères précédents s'observent sur la face du gâteau qui correspond à la partie ventrale. Du côté dorsal, on remarque surtout des alignements à la limite céphalothorax-abdomen et abdomen-pygidium; en outre, l'emplacement des yeux se traduit extérieurement par des groupements de cônes, qui ont une disposition arquée exactement moulée sur l'empreinte des yeux.

Tous ces faits indiquent à l'évidence, et les photographies que je publierai ultérieurement en feront foi, que la matière organique a joué un rôle de tout premier plan dans la réalisation de la structure *cone-in-cone*. Les organismes, à la suite d'un enfouissement rapide, se sont décomposés à l'intérieur du sédiment; les produits de décomposition, pour se dégager de l'enveloppe qui les contenait, ont emprunté les orifices de cette enveloppe et, de préférence, les orifices de grande taille. Il y a eu ainsi diffusion dans le sédiment encaissant et, par réaction chimique, concrétionnement autour du fossile.

Sans nier de façon absolue l'intervention, dans certains cas, de phénomènes dynamiques, il semble que la structure *cone-in-cone* résulte donc d'un simple concrétionnement, dans des circonstances tout à fait particulières, sous l'influence de phénomènes de diffusion dirigée, à partir d'éléments organiques en voie de décomposition.

Cette conclusion, qui s'imposait à la suite des observations précédentes,

devient indiscutable quand on fait intervenir les lois de la chimie physique, et M. R. Gay, à qui j'avais proposé cette solution, en a trouvé une explication théorique qui fait l'objet de la Note ci-dessous.

GÉOLOGIE. — *Théorie de la formation de la structure* cone-in-cone. Note de M. **Robert Gay**, transmise par M. Lucien Cayeux.

Dans la Note précédente, M. A. Bonte, a été amené, à la suite de nombreuses observations, à attribuer la formation de la structure *cone-in-cone* à la diffusion, au voisinage d'organismes en voie de fossilisation, de substances dues à l'altération de ces organismes au sein même du sédiment.

La diffusion doit pouvoir expliquer l'apparition des *cone-in-cone* dans tous les milieux où ils ont été observés, calcaire, dolomie, gypse, célestine, hématite, quartzites, charbons etc. (1).

Le cas des schistes ordoviciens, étudié par M. Bonte, étant dès l'abord trop complexe (*cone-in-cone* quartzo-phylliteux) pour permettre une exposition claire de la théorie, nous développerons celle-ci dans le cas des *cone-in-cone* calcaires; le mécanisme sera le même pour toutes les formations cristallines (carbonates, hydroxydes, sulfates, sulfures) et pourra être étendu aux formations colloïdales (quartzites, charbons).

Nous allons montrer que l'existence d'un organisme, centre de diffusion *basique* (fermentation anaérobie), dans un dépôt calcaire où la concentration des ions Ca^{++} est variable avec la profondeur, suffit, sous certaines conditions faciles à préciser, à expliquer la formation de *cone-in-cone* et leur croissance *de l'extérieur vers l'intérieur*, ainsi que M. Bonte a pu l'observer dans les galettes ordoviciennes (2).

L'organisme crée autour de lui un champ de diffusion des ions CO_3'' dont les nappes d'égales concentrations sont des sphères concentriques; ce champ est envahi par un champ de diffusion des ions Ca^{++} caractérisé par des nappes $Ca^{++} =$ constante, planes et parallèles.

Une construction géométrique simple montre que la condition de précipitation de la calcite

$$[Ca^{++}].[CO_3''] \geqq S_{Ca} \text{ (3)}$$

(1) L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France : Roches carbonatées*, 1935, pp. 275-286.

(2) Constante du produit de solubilité de la calcite.

est réalisée à l'intérieur d'une *forme conique* pointée dans la direction du centre organique et ouverte du côté des concentrations Ca^{++} croissantes, à condition que le rapport du gradient de diffusion de $CO''_3(dr)$ au gradient de diffusion de $Ca^{++}(dx)$ soit constant et plus grand que 1.

Lorsque le champ de diffusion de Ca^{++} progresse, ce cône calcaire *plein* se développe par la pointe, *de l'extérieur vers l'intérieur* par conséquent. Disons-le en passant, la structure qui se développe par ce mécanisme est une *structure stylolithique*.

Mais, dans le cas présent, le phénomène se complique du fait que nous nous trouvons dans un milieu colloïdal (vase argilo-calcaire chargée de matières organiques) : la cristallisation de la calcite, au lieu d'être continue, devient périodique; il se forme un système de cônes emboîtés qui n'est pas sans analogie avec les *anneaux de Liesegang*. La cristallisation est retardée et ne débute que lorsque la solution a atteint un certain degré de sursaturation :

$$[Ca^{++}].[CO''_3] = k\,S_{Ca} \qquad (k > 1).$$

Dans les conditions que nous venons de préciser, cette relation est réalisée sur une surface *conique*, intérieure à la surface

$$[Ca^{++}].[CO''_3] = S_{Ca}.$$

La cristallisation amorçée sur la première surface se propage vers la seconde; la précipitation sursaturante, qui se produit dans la zone conique interne, provoque un appel d'ions Ca^{++} et CO'', qui sont fournis par la zone conique externe : dans cette zone la solution tend à devenir sous-saturante, la cristallisation est bloquée vers l'extérieur. Pour qu'elle se produise de nouveau, il faut attendre que le champ de diffusion des ions Ca^{++} ait suffisamment progressé dans le champ de diffusion des ions CO''_3, pour que la condition $[Ca^{++}][CO''_3] = k\,S_{ca}$ soit satisfaite. Ceci est réalisé sur une surface *conique* extérieure aux deux premières. Le phénomène continue à se propager de la sorte, en se rapprochant du centre organique.

Ce mécanisme rend facilement compte de toutes les particularités de structure des *cone-in-cone* : orientation commune des cônes, constance de l'angle d'ouverture des cônes d'une même génération, profils divers des cônes etc. Cependant les fines stries en gradins qui ornent l'intérieur des cônes restent sans explication.

Ainsi la structure *cone-in-cone* doit être rapportée à des phénomènes de diffusion au sein du sédiment : ceux-ci apparaissent immédiatement après le

dépôt, régis qu'ils sont par la fermentation des matières organiques qu'ils contiennent.

Ces phénomènes de diffusion, encore peu étudiés, fournissent l'explication de certaines formes particulières de concrétionnement parmi les oolithes et nodules, et celle de la structure dite stylolithique.

MYCOLOGIE. — *Étude d'un* Actinomyces *nouveau acidorésistant,* Actinomyces ondulans *n. sp.* Note (¹) de M. **Auguste Sartory.**

L'*Actinomyces* qui fait l'objet de cette Communication a été isolé, en même temps qu'un *Actinomyces* à pigment violet, des crachats d'un ouvrier ébéniste âgé de 38 ans suspect de tuberculose pulmonaire. Cet organisme avait été confondu avec le Bacille tuberculeux lors d'examens antérieurs aux nôtres. Dans les expectorations il se présente sous forme de bâtonnets droits et dissociés, acidorésistants évoluant sous l'influence du traitement iodé vers des formes filamenteuses ou pseudo-streptococciques à acidorésistance très marquée.

A côté de ces formes nous constatons des éléments de taille plus grande et nettement ondulés. Les cultures aérobies sont peu luxuriantes sur milieu liquide. L'observation microscopique a porté à la fois sur les milieux solides et sur les milieux liquides, afin d'établir la détermination exacte de la morphologie de l'*Actinomyces*. Sur milieu de Meyer (jus de pomme de terre + bouillon glycériné et maltosé, solidifié à la gélose) pH 5,8, 6,2, 6,8, nous observons à l'examen microscopique des éléments bacillaires très dissociés, ne présentant ni la moindre ramification ni l'aspect filamenteux. Diamètre entre $0^{\mu},4$ et $0^{\mu},5$ pour une longueur de $6\text{-}10^{\mu}$. Tous sont acido- et alcoolo-résistants. Cette propriété que possède l'*Actinomyces* dans le matériel pathologique est conservée sur les milieux artificiels solides quoique à un degré légèrement amoindri, et cela pendant quatre ou cinq générations, jusqu'au dépérissement de l'organisme. Nous avons encore observé des éléments acidorésistants dans des cultures âgées de cinq semaines.

Milieux liquides. — Les observations ont toutes été faites sur Sabouraud maltosé saccharosé et glucosé. Nous recourons à la technique classique, la boîte de Borrel pour culture de tissus, placée à + 37°. Après quelques

(¹) Séance du 2 mars 1942.

jours nous constatons le passage de la forme bacillaire atypique à la forme filamenteuse. Le quatrième jour, naissance de ramifications monopodiales s'insérant sur l'axe sous un angle approximatif de 60°. Les branches latérales ont le même calibre que le filament mère, toujours inférieur à 1^{μ}. Celles-ci ne sont pas droites, mais ondulées, de telle sorte que, s'il y a dissociation de l'organisme, comme cela arrive fréquemment, on voit ces formes ondulées en très grand nombre; elles avaient d'ailleurs attiré notre attention dans les crachats du malade et nous pensions à une impureté. Dans les cultures en goutte pendante âgées de 12 à 15 jours nous assistons à la dislocation du mycélium en éléments bacilliformes de longueur variable; des formes spiralées de 25 à 35^{μ}, des chaînettes d'arthrospores comprenant 7 à 8 éléments (dimension d'un élément 1 à $1^{\mu},2$ de diamètre). Formes pseudo-bacillaires, filaments, formes ondulées contiennent des granulations regardées par Neukirch, Lieske, Antonielli et nous comme des corpuscules nucléaires.

Placé dans une atmosphère pauvre en oxygène, notre organisme se révèle comme un anaérobie plutôt qu'un aérobie. Cultivé dans ces conditions il prend un développement luxuriant et très rapide (3-4 jours). Sur milieu de Sabouraud liquide (maltosé), il donne un voile tout d'abord fin et lisse, puis plissé et épais. Détaché par un choc brutal, la pellicule tombe au fond du liquide nutritif. Un nouveau voile se forme après 24-36 heures. Un troisième, un quatrième et même un cinquième voile peuvent ainsi se former sur eau peptonée et bouillon peptoné à 3 %.

Sur milieu solide (jus de pomme de terre gélosé ajusté au pH 7,3) nous observons au bout de 48 heures une petite colonie blanche, puis blanc crème après 4-5 jours, avec centre proéminent et plus foncé que le reste de la colonie (dimension 3 à 4^{mm}). Au bout de 10 à 12 jours les colonies se rident, deviennent verruqueuses et se foncent, elles atteignent le quinzième jour $1^{cm},5$, les bords sont irréguliers et festonnés de couleur blanche. Mêmes constatations sur *milieu Sabouraud glucosé* gélosé. Sur *sérum de cheval*, milieu moins favorable, le sérum se pigmente en noir sur une assez large étendue; il est liquéfié vers le quinzième jour. Sur *albumine d'œuf*, mêmes constatations, liquéfaction du milieu au bout de 12 jours. Ces cultures ne dégagent aucune odeur. A l'*examen microscopique* la morphologie de l'organisme n'est pas différente de celle que nous avons décrite précédemment, sauf cependant que les formes ondulées sont encore plus accentuées et plus nombreuses. L'acidorésistance, nulle au début, apparaît vers le septième jour. Il y a coexistence de formes entièrement et partiellement

acidorésistantes. De l'ensemble de nos constatations nous tenons à signaler que notre *Actinomyces* devient capable, par privation d'oxygène, d'évoluer vers une forme Ziehl-positive, et ceci sur milieu de Sabouraud liquide simple, dépourvu de tout lipide. La meilleure récolte a été enregistrée avec un pH de 6,7 à 7. L'optimum cultural est + 37°. Notre organisme est sans action sur les nitrates, il ne donne pas d'indol, ne réduit pas le rouge neutre, mais produit de l'hydrogène sulfuré. L'amidon n'est pas liquéfié. Les sucres les mieux assimilés sont le saccharose et le maltose, puis viennent lactose et galactose; glucose et lévulose ne sont pas assimilés.

En raison de ses caractères morphologiques et de ses propriétés biologiques et de son pouvoir pathogène très marqué pour le Cobaye et le Lapin, nous considérons cette espèce comme nouvelle et nous proposons pour elle le nom *d'Actinomyces ondulans*. Nous publierons prochainement, dans un Mémoire séparé, le détail de nos expériences sur les animaux.

Disons, pour terminer, que le malade porteur de ce germe a été complètement guéri par un traitement ioduré, et cela au bout de 5 mois.

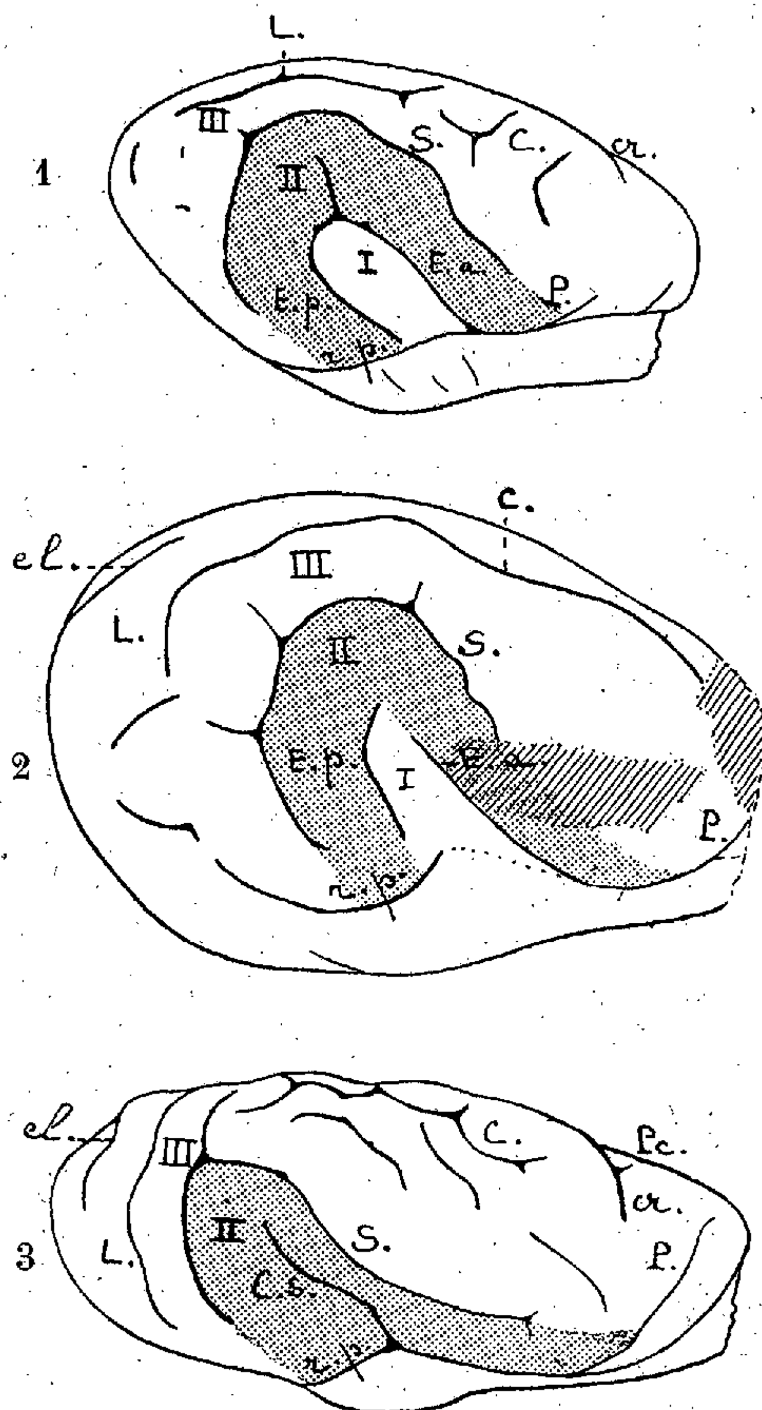
ANATOMIE COMPARÉE. — *Interprétation de la morphologie cérébrale du* Potamotherium Valetoni *E. Geoffroy*. Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Charles Pérez.

Le *Potamotherium Valetoni* E. Geoffroy a vécu, à l'Oligocène supérieur (Aquitanien), en France (Saint-Gérand-le-Puy, Allier) et en Allemagne (environs de Mayence et d'Ulm). Quelques autres espèces de *Potamotherium* ont été signalées dans le Miocène d'Amérique du Nord. Les caractères de sa dentition et de son squelette montrent que cet animal était un Carnassier adapté à la vie dans les eaux comme la Loutre (*Lutra*) actuelle, auprès de laquelle on le classe ordinairement. En 1833, E. Geoffroy Saint-Hilaire l'avait même identifié à une véritable Loutre.

Le cerveau du *Potamotherium Valetoni* n'a été décrit que par H. Filhol, en 1888, d'une façon sommaire et, surtout, au point de vue de sa forme d'ensemble. Grâce à M. C. Arambourg, j'ai pu étudier les deux seuls moulages endocrâniens naturels actuellement connus, qui proviennent de Saint-Gérand-le-Puy et appartiennent aux Collections Paléontologiques du Muséum.

Les sillons néopalléaux, assez nettement visibles sur ces moulages (*fig.*, 2), sont les suivants :

1° La scissure rhinale, dont la partie postérieure est la plus distincte; elle limite le *neopallium* du rhinencéphale.



Télencéphales de Carnassiers vus par leur face latérale droite. — *Au milieu* (2), *Potamotherium Valetoni* E. Geoffr., de l'Oligocène de Saint-Gérand-le-Puy (Allier). Moulage endocrânien. Coll. Pal. Muséum; les parties détériorées sont en hachures. — *En haut* (1), *Herpestes ichneumon* L. (Æluroïde-Viverridé), actuel. — *En bas* (3), *Lutra lutra* L. (Arctoïde-Mustélidé), actuelle. r. p., scissure rhinale, partie postérieure; E. a., *ectosylvia* antérieure; E. p., *ectosylvia* postérieure; P., *præsylvia*; S., *suprasylvia*; C., coronal; L., latéral; el., entolatéral; cr., crucial; Pc., précrucial; I, *gyrus arcuatus* I; II, *gyrus arcuatus* II (en grisé); III, *gyrus arcuatus* III. — Il faut noter que les cerveaux conservés dans le formol ont une tendance à s'affaisser, alors que les moulages endocrâniens reproduisent plus exactement la forme cérébrale. G. N.

2° L'*ectosylvia* (1er sillon arqué), divisée en deux parties : *ectosylvia* antérieure et *ectosylvia* postérieure. Il n'y a pas trace, semble-t-il, de *pseudosylvia* : il est, par suite, difficile de décrire un véritable *gyrus arcuatus* I, mais, on peut, du moins, en indiquer la place, entre l'*ectosylvia* et la scissure rhinale.

3° La *præsylvia*, qui prolonge, ici, l'*ectosylvia* antérieure.

4° La *suprasylvia* (2e sillon arqué), qui est continue et limite, avec l'*ectosylvia*, le *gyrus arcuatus* II. Elle sépare, avec la *præsylvia*, le territoire central du territoire périphérique.

5° Le corono-latéral (3e sillon arqué), également continu, comporte le coronal, en avant, et le latéral, en arrière. Avec la *suprasylvia*, il limite le *gyrus arcuatus* III.

6° L'entolatéral, situé vers l'arrière, en dedans du latéral.

Il n'y a pas de trace de crucial ni de précrucial.

Le rhinencéphale est moins bien conservé, sur nos exemplaires, que le *neopallium*, et il n'en sera pas question ici.

La surface néopalléale du *Potamotherium* est entièrement superficielle, ce qui est un caractère d'Æluroïde. Par l'aspect général de ses sillons, l'absence de *pseudosylvia* et de crucial, il s'agit, au point de vue cérébral, d'un Viverridé et, comme H. Filhol l'avait autrefois entrevu, c'est de l'*Herpestes* que le *Potamotherium* se rapproche le plus.

Il s'éloigne, par contre, notablement de la Loutre (*Lutra*) et de tous les Arctoïdes connus, dont la principale caractéristique cérébrale est de présenter une operculisation partielle du territoire central portant sur la *gyrus arcuatus* I et tendant, parfois, d'ailleurs, à s'étendre au delà.

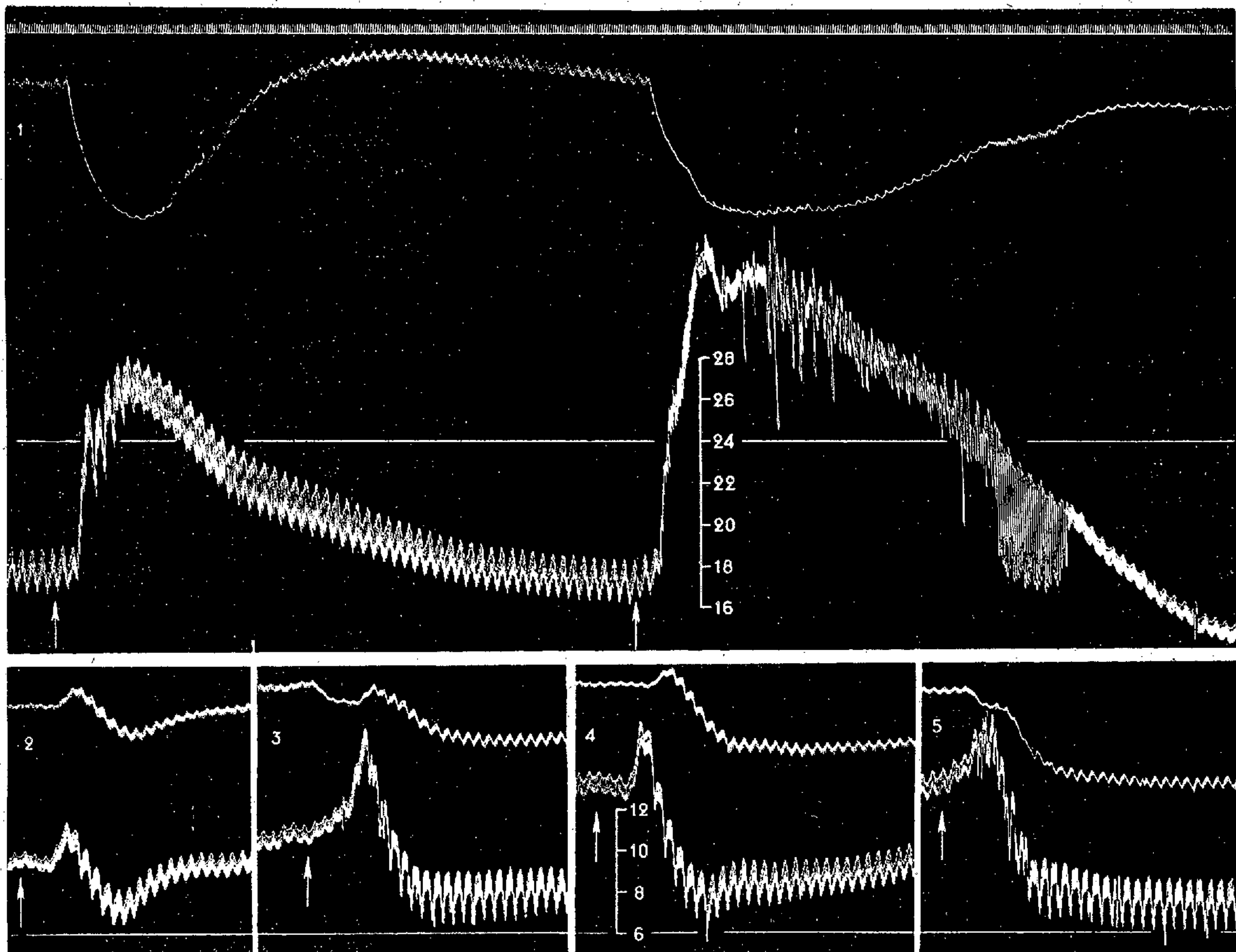
Alors que, par l'ensemble de son ostéologie, le *Potamotherium* paraît être un Arctoïde, sa morphologie cérébrale et, aussi, quelques autres caractères, dont ceux de la dentition, en font un Æluroïde. Il s'agit là d'une forme de transition entre deux groupes de Carnassiers, aujourd'hui très distincts : les Æluroïdes (Viverridés, Félidés, Hyænidés) et les Arctoïdes (Mustélidés, Ursidés, Procyonidés).

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les effets vasculaires de la bufoténine introduite dans la circulation générale.* Note (1) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Bien que cet important principe actif du venin de Crapaud que Gabriel Bertrand et C. Phisalix ont nommé bufoténine ait été étudié par deux pharmacologistes, Handowsky et K. K. Chen, on ignore encore comment il agit sur les vaisseaux quand on l'injecte dans la circulation générale. Les expériences que nous avons pratiquées avec une bufoténine très pure,

(1) Séance du 2 mars 1942.

préparée et mise à notre disposition par H. Wieland lui-même, nous ont appris que l'hypertension provoquée par cette substance s'accompagne d'une forte et durable vasoconstriction. Elles nous ont montré, en outre,



Chien ratier à poils ras de $13^{kg},500$, anesthésié par le chloralose (14^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. — 1re ligne, temps en secondes; 2e et 4e lignes, variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié; 3e et 5e lignes, modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté, en 1 (1re flèche), en 2 et en 4, $0^{mg},02$ d'adrénaline dissous dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium; en 1 (2e flèche), en 3 et en 5, 2^{mg} de bufoténine dissous après neutralisation par l'acide chlorhydrique dilué dans 1^{cm^3} de soluté physiologique. L'animal a reçu dans la saphène, entre les tracés 1 et 2 : 6 injections successives de chacune $13^{mg},5$ de chlorhydrate de yohimbine dissous dans $13^{cm^3},5$ de soluté physiologique; entre les tracés 3 et 4 : $33^{mg},75$ de chlorhydrate d'harmalol en solution dans $6^{cm^3},75$ de soluté physiologique. Tracés réduits de moitié.

que, semblablement à celle qui suit l'injection d'adrénaline, l'hypertension causée par la bufoténine est transformée par la yohimbine en une hypotension, qui est augmentée par l'harmalol.

C'est ainsi que, dans l'expérience qui a fourni les tracés ci-dessus, l'injection de $0^{mg},02$ d'adrénaline avait initialement élevé la pression carotidienne de 187 à 282, donc de 95^{mm} de Hg, et produit une forte vasoconstriction du rein. Quand l'animal eut été soumis à l'action de 6^{mg} de yohimbine par kilogramme, la même dose d'adrénaline qu'auparavant, après avoir haussé passagèrement la pression carotidienne de 100 à 115, l'abaissa à 82, c'est-à-dire à 18^{mm} de Hg au-dessous du niveau originel, cependant que le volume du rein ne montrait plus que des variations à peu près parallèles à celles de la pression carotidienne. Le Chien ayant reçu ensuite $2^{mg},5$ d'harmalol par kilogramme, on constata, après l'injection d'une dose toujours égale d'adrénaline, d'une part que la pression carotidienne montait temporairement de 139 à 164, puis descendait à 89, c'est-à-dire à 50^{mm} de Hg au-dessous de son niveau primitif; d'autre part que le parallélisme subsistait entre le tracé oncographique et celui de la pression carotidienne.

Quant à l'injection de bufoténine, à la dose de 2^{mg}, elle fut suivie : 1° au début de l'expérience, d'une hypertension de 160^{mm} de Hg faisant passer la pression carotidienne de 182 à 342, en même temps que d'une vasoconstriction rénale extrêmement marquée et très durable; 2° après le traitement par la yohimbine, d'une part d'une hausse fugace de la pression carotidienne la portant de 114 à 160, bientôt suivie d'une chute l'amenant à 90, c'est-à-dire à 24^{mm} au-dessous de son point de départ et la laissant pendant longtemps bien inférieure à ce qu'elle était auparavant; d'autre part d'une légère constriction vasculaire du rein précédant une diminution passive du volume de cet organe; 3° après l'administration d'harmalol, d'un côté, d'une faible hypertension entraînant très passagèrement la pression carotidienne de 140 à 166, puis d'une phase prolongée d'hypotension faisant descendre ladite pression jusqu'à un niveau minimal de 86, donc inférieur de 54^{mm} de Hg au niveau initial; d'un autre côté, d'une diminution du volume du rein active dans un premier stade très transitoire, passive dans un second stade très durable.

Puisque, quand on l'injecte dans la circulation générale, la bufoténine manifeste une très forte action vasoconstrictive se rapprochant de celle de l'adrénaline par quelques-uns de ses caractères pharmacologiques, tandis que, quand on la fait agir localement, elle n'a que de faibles effets vasculaires, très différents de ceux de l'adrénaline, on est en droit de penser que son action vasculaire est surtout indirecte et résulte principalement d'une stimulation de la sécrétion médullo-surrénalienne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la réduction de l'acide acétylacétique par le Bacille* M *de Lemoigne*. Note ([1]) de M. **Pierre Heitzmann**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les travaux de Lemoigne ([2]) ont montré que l'acide β-hydroxybutyrique peut se former par voie bactérienne à partir du glucose. Cet acide est libéré au cours de l'autolyse des Bacilles M aux dépens d'un composé intracellulaire, le *corps Y*, polymère de l'acide crotonique.

Ayant poursuivi l'étude de cette glycolyse ([3]), nous avons obtenu des résultats négatifs dans la recherche d'une phosphorylation analogue à celle que produit la levure, mais nous avons trouvé que ces bacilles contenaient malgré cela une quantité appréciable de cozymase (diphosphopyridine nucléotide). Nous nous sommes alors demandé si le Bacille M n'était pas capable de réduire l'acide acétylacétique pour donner de l'acide β-hydroxybutyrique. Friedmann ([4]) avait montré que la levure en présence du sucre était capable d'accomplir cette réduction, mais l'acide β-hydroxybutyrique ainsi formé, à l'inverse de celui contenu dans l'urine des diabétiques, déviait à droite le plan de polarisation de la lumière. Si cet auteur décelait à côté de cet acide de l'acide lactique, il attribuait la présence de ce dernier à un bacille lactique contenu dans la levure de boulangerie du commerce qu'il utilisait. Il n'examina pas le métabolisme concomitant du glucose.

Nous avons trouvé qu'en l'absence d'oxygène et en présence de glucose, le Bacille M réduit l'acide acétylacétique pour donner de l'acide β-hydroxybutyrique gauche; cette réduction est particulièrement intense lorsque l'on opère à pH 7. On peut ainsi, par addition de bicarbonate de sodium, mesurer cette activité par le dégagement d'anhydride carbonique dû à l'acidité formée; car, en présence de glucose seul ou d'acide acétylacétique seul, le Bacille M ne développe pas plus d'acidité que celle qui est libérée par autolyse sans substrat.

([1]) Séance du 2 mars 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1761; *Ann. Inst. Pasteur*, 39, 1925, p. 144; 41, 1927, p. 148.

([3]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 23, 1941, p. 453.

([4]) *Bioch. Z.*, 243, 1931, p. 125; 244, 1932, pp. 42 à 75.

Nous avons identifié, parmi les produits de transformation du glucose, l'acide lactique et l'acide acétique.

L'acide lactique a été séparé de l'acide β-hydroxybutyrique par simple chauffage sous vide. Dans ces conditions ce dernier se transforme en acide crotonique qui est volatil et l'acide lactique restant se polymérise et donne des lactides ([5]) à partir desquels on régénère l'acide par simple hydrolyse. Nous en avons fait le sel de zinc.

L'acide acétique a été identifié par une courbe de Duclaux.

Pour effectuer des mesures comparatives, nous utilisons des bacilles cultivés sur moût de bière gélosé et lavés deux fois à froid à l'aide d'une solution isotonique de KCl à 0,9 %. Nous comparons la composition, après élimination des bacilles par centrifugation, de l'émulsion initiale à l'émulsion obtenue après incubation à 31° sous atmosphère d'azote à 10 % de CO^2. L'acidité libérée est mesurée par la méthode de Warburg.

Pour 1g de bacilles frais lavés deux fois avec KCl 0,9 %, on ajoute 3cm³ KCl 0,9 %, 3cm³ eau, 2cm³ bicarbonate de sodium 5 %, et soit 2cm³ eau, soit 1cm³ eau plus 1cm³ glucose 10 %, soit 1cm³ eau plus 1cm³ acétylacétate de potassium 0,94 M/1, soit 1cm³ glucose 10 % plus 1cm³ acétylacétate de potassium 0,94 M. Durée de l'incubation, 5 heures 45 minutes.

Substrat ajouté par cm³ d'émulsion.......	Néant.	Glucose.	Acét. ([a]).	Gl.+Acét.([b]).
Acidité libérée en cm³ CO^2.............	0,44	0,51	0,48	2,93
Glucose disparu (en mg)...............	–	1,34	–	7,52
Acide acétylacétique disparu (en mg)....	–	–	1,5	4,76
» lactique formé (en mg)..........	0,113	0,87	0,05	4,77
» β-hydroxybutyrique formé (en mg).	0,493	–	–	4,85
» acétique formé (en mg)..........	–	–	–	1

([a]) Acétylacétate. ([b]) Glucose + Acétylacétate.

Faire un bilan exact de l'oxydoréduction se heurte à ce que l'autolyse n'est certainement pas la même dans tous les cas. Celle-ci correspond à une perte d'activité des bacilles et par conséquent à la désintégration des systèmes enzymatiques. Sans substrat, l'acide β-hydroxybutyrique formé est seulement le quart de l'acidité mesurée.

Néanmoins, l'examen des chiffres obtenus montre qu'en l'absence d'oxygène, pour qu'il y ait une acidité libérée plus forte que dans l'autolyse, il

([5]) JUNGFLEISCH et GODCHOT, *Comptes rendus*, 140, 1905, p. 502.

faut la présence simultanée de glucose et d'acétylacétate. C'est seulement dans ce cas que l'on observe une disparition notable de ces deux substrats. En première approximation il disparaît une molécule de glucose pour une molécule d'acétylacétate, dont la réduction est liée à la formation d'acide lactique à partir du glucose.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 novembre 1941.)

Note de M. *Frédéric Diénert*, Méthode différentielle de prospection électrique du sous-sol :

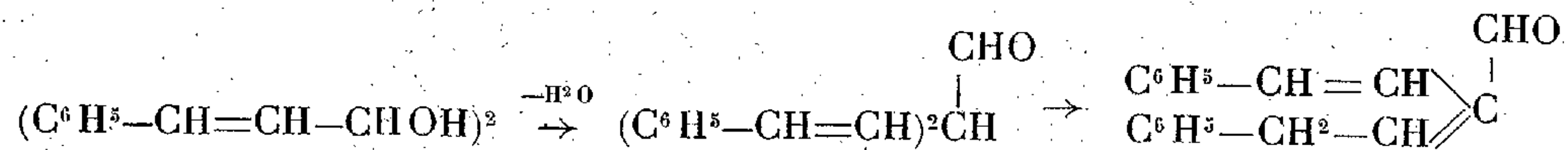
Page 626, ligne 14, *au lieu de* $dV' = K\rho I'$, d'où $dV/dV' = (f/C') \times (I'/I)$, *lire* $dV' = K.\rho.I$, d'où $dV/dV' = (\rho/\rho') \times (I/I')$; ligne 2 en remontant, *lire*

$$\frac{\rho^i}{\rho} = \frac{R - R'}{r - r'} \times \frac{M'}{M} \times \frac{M + N}{M' + N'}.$$

(Séance du 9 février 1942.)

Note de M. *Yves Deux*, Déshydratation sulfurique du distyrylglycol symétrique. Formation du phényl-1 styryl-3 butane-2 al, par transposition hydrobenzoïnique suivie du déplacement d'une double liaison :

Page 270, pour la formule du milieu le CHO doit être placé à la fin de la formule. Voici le passage rétabli :



$$(C^6H^5{-}CH{=}CH{-}CHOH)^2 \xrightarrow{-H^2O} (C^6H^5{-}CH{=}CH)^2CH{-}CHO \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5{-}CH{=}CH \\ C^6H^5{-}CH^2{-}CH \end{matrix} \!\!>\! C{-}CHO$$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1942.

État français. Gouvernement général de l'Algérie. Service cartographique. Service des forêts. *Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Notice,* par Paul de Peyerimhoff. Alger, Imprimerie-Papeterie Baconnier Frères, 1941; 1 vol. 27^{cm}.

Les parodontoses pyorrhéiques ou pyorrhées alvéolaires, par Chactas Hulin. Paris, Raymond Foulon, 1941; 1 vol. 24^{cm}.

L'organisation scientifique du travail et deux questions d'actualité, par Robert Satet. *Claude Bernard et la méthode scientifique, par* Xavier Boulenger. *L'effort humain à travers les âges,* par Robert Lelong. *Points de vue à envisager pour organiser une entreprise,* par Georges Béquart. Allocutions prononcées à la séance d'ouverture de la huitième session (promotion Claude Bernard) de l'École d'organisation scientifique du travail, suivies de quelques extraits de Henry le Chatelier : *De la méthode dans les sciences expérimentales.* Paris, Eost, 1942; 1 fasc. 21^{cm}.

Franges au voisinage de la discontinuité K *des rayons* X, par Constantin Kurylenko. Paris, Jouve et Cie, 1939; 1 vol. 24^{cm} (présenté par M. Ch. Mauguin).

Thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques. *Étude expérimentale de la diffusion des rayons* X *par les cristaux,* par Jean Laval. Paris, 1939; 1 vol. 23^{cm} (présenté par M. Ch. Mauguin).

Que sais-je? *La sexualité,* par Louis Gallien. Paris, Presses universitaires de France, 1941; 1 vol. $17^{cm},5$ (présenté par M. M. Caullery).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Modifications au règlement des Comptes rendus de 1835, 1840, 1862, 1875, 1925.

ADOPTÉES DANS LA SÉANCE DU 8 JUIN 1942.

AVIS AUX AUTEURS.

En raison des difficultés dues à la rareté actuelle du papier, les Auteurs sont invités à tenir compte des nouvelles décisions suivantes, qui seront rigoureusement appliquées.

ARTICLE I. — Suivant que les Auteurs sont Membres, Correspondants ou étrangers à l'Académie, leurs Notes ne doivent pas dépasser :

Trois pages de 42 lignes et 8 lignes.
Deux pages » et 20 lignes.
Deux pages » et 6 lignes.

Les lignes sont de 71 lettres ou intervalles. Tout texte est compté en gros caractères; mais l'Académie se réserve le droit de le traduire en petits caractères, en partie ou en totalité.

ARTICLE II. — Les interlignes et les « à la ligne » ne doivent être employés que dans les cas où ils sont réellement utiles.

ARTICLE III. — Les renvois bibliographiques doivent être réduits :

a. Pour les volumes, à leur titre, leur date et la page considérée.

b. Pour les périodiques : à leur titre et au n° du tome, quand il existe une tomaison, à l'année et à la page. Le nom de l'auteur rappelé ne doit être indiqué que s'il n'est pas cité dans la phrase qui contient le renvoi.

ARTICLE IV. — Dans le cas où un rappel de Travaux antérieurs est indispensable pour la compréhension de la Note, l'auteur est autorisé à le faire, mais seulement avec une extrême concision; il est suivi de l'indication bibliographique.

ARTICLE V. — Les auteurs sont priés de faire connaître leur prénom usuel et leur adresse.

A. Lx. L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 MARS 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Dispersion rotatoire magnétique de liquides diamagnétiques à l'intérieur d'une bande d'absorption (bande cétonique ultraviolette).* Note de MM. **Aimé Cotton** et **Roger Servant**.

La question de la dispersion rotatoire magnétique des corps absorbants a été, comme on sait, l'objet de nombreuses discussions; elle a été étudiée expérimentalement à bien des reprises depuis l'époque où l'un de nous ([1]) montrait qu'au bord des bandes des solutions colorées qu'il étudiait (solution de chlorure de cobalt, par exemple), la courbe de dispersion rotatoire magnétique paraissait bien s'écarter systématiquement de la courbe obtenue dans les régions de transparence. Rapprochant ces anomalies de celles que lui donnaient certains liquides colorés naturellement actifs, il les rattachait à la dispersion anormale des indices, en indiquant que les deux courbes relatives aux indices des deux vibrations circulaires privilégiées devaient être toutes deux modifiées par l'absorption et que cela devait entraîner nécessairement des changements dans la courbe de dispersion rotatoire.

Depuis, les progrès de la technique expérimentale ont permis dans certains cas de préciser cette influence de l'absorption sur les rotations magnétiques. On est maintenant fixé sur la dispersion rotatoire de certains liquides, tous *paramagnétiques*, comme le sont précisément ceux sur lesquels on avait expérimenté dès le début.

On a pu faire des mesures dans ce cas, non seulement sur les bords d'une bande d'absorption, mais dans la bande elle-même, là où le manque de lumière rendait bien vite les mesures impossibles, alors que c'était la région la plus intéressante à explorer ([2]). Le dichroïsme circulaire magnétique, qui avait été autrefois recherché sans succès, a pu être mesuré lui aussi dans plusieurs

---

([1]) A. Cotton, *L'Éclairage Électrique*, 8, 1896, pp. 162 et 199.

([2]) R. W. Roberts, *Philosophical Magazine*, 9, 1930, p. 361; E. Miescher, *Helv. Physica Acta*, 3e série, 93, 1930, p. 93; A. Cotton, *Rapport au Conseil de Physique Solvay*, 1930.

laboratoires ([3]). Il passe par un maximum au milieu de la bande. D'autre part, non seulement on vérifie que, sur les deux bords de la bande d'absorption, la pente de la courbe des rotations s'accroît et que la dérivée $d\alpha/d\lambda$ (α étant la rotation magnétique) *a le même signe* des deux côtés, mais que les rotations elles-mêmes changent de signe dans la région où le dichroïsme passe par un maximum.

On peut se rendre compte de ce type de dispersion rotatoire magnétique [et aussi des relations avec le dichroïsme magnétique ([4])] en admettant que les courbes d'absorption relatives aux deux vibrations circulaires ont leurs maxima à la même place dans le spectre, mais que leurs ordonnées sont inégales (le champ magnétique tendant à orienter les orbites perpendiculairement à sa direction, en favorisant celles qui ont un sens déterminé).

L'étude de la dispersion rotatoire magnétique des corps absorbants *diamagnétiques* est beaucoup moins avancée. Les anomalies ont paru le plus souvent tellement moins marquées qu'on a pu se demander si elles existaient, et si la courbe de dispersion rotatoire magnétique ne prolongeait pas simplement, dans les bandes d'absorption, la courbe tracée dans les régions de transparence complète. Les mesures faites en 1932 par l'un de nous et Schérer ([5]) sur la thiobenzophénone (étudiée à l'état de surfusion) avaient montré que de telles anomalies existent encore certainement, et cela sans que le dichroïsme circulaire magnétique (cherché cependant, mais pour une seule radiation) ait été observé. La courbe tracée dans les *Comptes rendus* indiquait que *des deux côtés de la bande les rotations gardent le même sens*, mais que, cette fois, le signe de la dérivée $d\alpha/dx$ n'est plus le même des deux côtés : du côté rouge, il est négatif (comme pour les corps paramagnétiques), tandis que du côté des petites longueurs d'onde il est positif.

L'étude n'avait pu être poussée jusque dans la région où l'absorption est la plus forte, et la courbe de dispersion rotatoire n'avait pas été tracée dans cette région. Les auteurs indiquaient explicitement que des recherches ultérieures portant sur un produit plus pur et faites dans de meilleures conditions expérimentales permettraient seules de la préciser.

On pouvait supposer (c'était l'hypothèse la plus simple) qu'à l'intérieur de la bande, entre les deux branches figurées, la courbe représentait un seul maximum. C'est ainsi que la courbe représentative de la dispersion pour les corps diamagnétiques a été figurée schématiquement dans l'exposé que W. Schütz a fait en 1936 de l'ensemble de ces questions magnétooptiques ([6]).

([3]) A. Cotton, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 915; M. Schérer, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 950, et *Thèse*, Paris, 1934; M. Schérer et R. Cordonnier, *Comptes rendus*, **196**, 1938, p. 1724; J. Verhaeghe et M. van Hyck, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 993.

([4]) R. Servant, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 480.

([5]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1342.

([6]) *Magneto-optik* (*Handbuch der Experimentalphysik*, Leipzig, 1936, p. 37).

C'est également avec un seul maximum que H. Bizette et M. Schérer ([7]) ont tracé la courbe de dispersion rotatoire d'un autre corps diamagnétique : le tellure, dissous dans l'acide sulfurique. Mais les auteurs se préoccupaient surtout des caractères magnétiques du tellure ainsi engagé dans une solution, et les radiations employées n'avaient pas été assez nombreuses.

Pour ces raisons, nous avons pensé qu'il était nécessaire de reprendre cette étude des liquides diamagnétiques, en utilisant cette fois des radiations ultraviolettes. Dans cette région spectrale en effet, la plupart des liquides organiques purs, même de constitution chimique simple, présentent des bandes d'absorption caractéristiques qui ne peuvent être confondues avec des bandes attribuables à des impuretés accidentelles.

Nous avons arrêté notre choix sur des cétones dont Mme Ramart-Lucas a bien voulu nous donner plusieurs échantillons purs. Ces substances présentent toutes vers 2900 Å une bande d'absorption bien isolée, caractéristique du groupement CO. Elles ont sur les substances telles que le sulfure de carbone l'avantage d'être beaucoup moins absorbantes.

L'étude de la rotation magnétique a été faite avec le grand électro-aimant de Bellevue, pour les diverses radiations de l'arc au mercure, avec un montage photographique qui sera décrit ailleurs. Le système produisant les pénombres était un biquartz perpendiculaire placé contre la cuve (également en quartz) au centre de l'entrefer. La ligne de séparation des deux plages de ce biquartz était projetée transversalement sur la fente d'un spectrographe pour ultraviolet, à travers l'analyseur placé dans le canal pratiqué dans l'un des noyaux percés. On faisait des photographies successives en changeant systématiquement après chaque pose l'azimut de l'analyseur, et l'on obtenait ainsi pour chaque raie une série d'images des plages permettant de trouver l'azimut d'égalité. Le champ était voisin de 50 000 gauss et la cuve assez mince pour que les mesures soient possibles dans toute l'étendue de la bande.

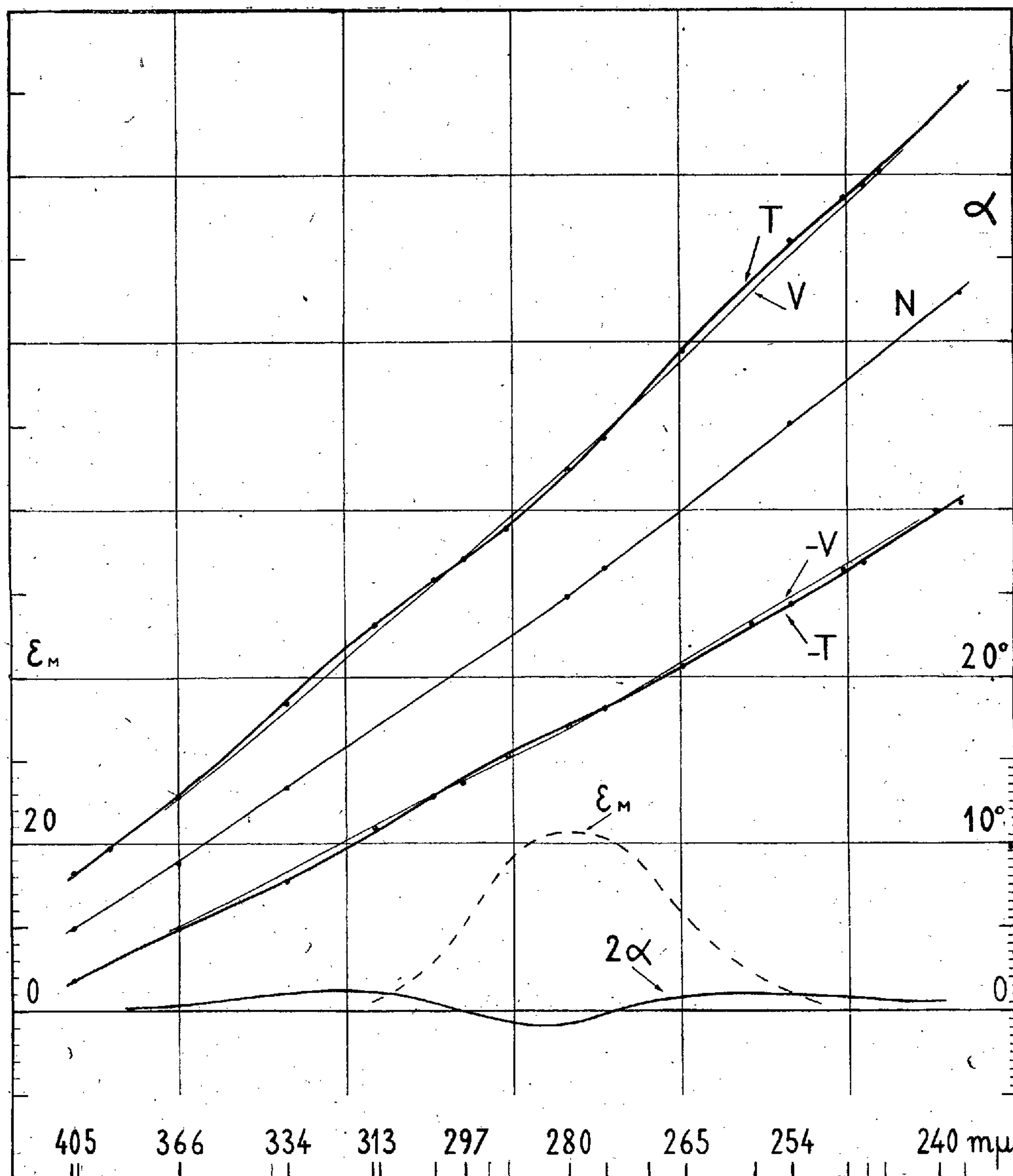
Les résultats obtenus sont semblables pour les différentes cétones étudiées. La figure ci-après les représente pour la méthylpropylcétone sous l'épaisseur de 5/100 de millimètre. Les courbes T et —T représentent les rotations totales obtenues, biquartz compris, lorsque la cuve est pleine. Les courbes V et —V représentent les mêmes rotations lorsque la cuve est vide. On a tracé à titre de contrôle la courbe N des rotations naturelles de l'ensemble [cuve pleine de liquide + biquartz]. Enfin les rotations doubles dues à la cétone sont représentées en 2α et la courbe $\mathcal{E}_M$ indique les valeurs du coefficient d'absorption du liquide (sans champ) d'après F. O. Rice ([8]).

Comme on n'a pas compensé, dans ces mesures, les rotations naturelles des lames de quartz traversées par le faisceau employé, la dispersion est grande

---

([7]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1931.
([8]) *Proceed. of the Roy. Soc.*, A, 91, 1915, p. 89.

et l'échelle des ordonnées forcément petite; mais on voit que les rotations propres mises en évidence pour le liquide lui-même dans l'ultraviolet sont bien nettes, puisqu'elles dépassent un degré malgré la très faible épaisseur du liquide.



L'examen de la courbe représentant les valeurs des doubles rotations montre d'abord que, des deux côtés de la bande, *on retrouve le changement de signe de $d\alpha/d\lambda$ signalé* pour les deux diamagnétiques précédemment étudiés. Mais à l'intérieur de la bande, dans la nouvelle partie explorée, on constate qu'*il y a deux maxima positifs entre lesquels la rotation change de signe en passant par un minimum négatif.*

On peut expliquer simplement les caractères généraux de cette courbe de dispersion rotatoire magnétique en généralisant ce qu'on admet pour les liquides diamagnétiques transparents et qui consiste à rattacher le phénomène de Faraday à celui de Zeeman. L'explication consiste, en définitive, à considérer pour les deux vibrations circulaires inverses, deux courbes de dispersion pareilles déplacées légèrement l'une par rapport à l'autre. On admettra que ces deux courbes présentent toutes deux les mêmes modifications tenant à l'absorption. (Il serait intéressant d'essayer de rattacher quantitativement cette explication à des mesures directes d'indices.) En tout cas, on peut dire qu'on rend compte de l'allure des courbes de dispersion rotatoire diamagnétique par l'existence de deux maxima d'absorption à des places différentes, tandis que, pour les effets paramagnétiques, on admet deux maxima à la même place mais d'intensité différente.

Il est bien évident que les deux sortes de changements peuvent exister à la fois pour une même bande d'absorption et *qu'on ne peut pas s'attendre à trouver les mêmes résultats dans tous les cas*. Par exemple les corps gazeux diamagnétiques (vapeur de sodium, fluorures alcalinoterreux etc.) présentent des courbes de dispersion rotatoire anormales qui s'expliquent de la même façon, mais il faut tenir compte de la variété des effets Zeeman constatés sur les raies étroites ou sur les lignes composant les bandes résolubles sensibles à l'action du champ.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les chocs entre neutrons rapides et noyaux de masse quelconque*. Note [1] de M. **Paul Langevin**.

Il est important, pour diverses recherches de physique nucléaire, de pouvoir répondre à la question suivante :

Dans un milieu matériel composé d'atomes tous identiques, un neutron est lancé avec une énergie cinétique initiale E_0 telle que, au cours de sa réduction par les chocs successifs du neutron contre les noyaux atomiques, l'énergie cinétique E du neutron reste assez grande, par rapport à l'énergie moyenne d'agitation thermique ou aux énergies de liaison entre atomes, pour que les noyaux de ceux-ci puissent être considérés comme immobiles et libres avant d'être rencontrés par le neutron. L'énergie E subissant ainsi une série de diminutions brusques du fait de ces chocs dont les conditions, variables d'un choc à l'autre, sont supposées régies par les lois du hasard, cette énergie passe par une série discontinue et constamment décroissante de valeurs $E_0, E_1, E_2, \ldots$, variable d'un neutron à l'autre. On demande quelle est la probabilité pour que l'une au moins de ces valeurs tombe dans un intervalle ΔE ou dans un domaine ΔE composé d'un nombre quelconque d'intervalles permettant, par exemple, la capture du neutron par résonance. Avec cette interprétation, la

(1) Séance du 9 mars 1942.

probabilité cherchée P est celle de la capture du neutron par résonance après un nombre quelconque de chocs.

Je vais donner la solution du problème ainsi posé dans le cas général où la masse M des noyaux rencontrés est quelconque par rapport à la masse m du neutron et où le domaine ΔE est d'étendue finie. Le résultat s'exprime de manière simple lorsque ce domaine se compose d'un seul intervalle infiniment petit dE, auquel cas la probabilité cherchée prend elle-même une valeur infiniment petite dP. Nous verrons que ce résultat satisfait bien à la condition de prendre la forme encore plus simple et déjà connue

$$dP = \frac{dE}{E} \tag{1}$$

lorsque les noyaux rencontrés sont des protons, de masse pratiquement égale à celle du neutron.

Soient P_1 la probabilité pour que l'énergie cinétique E_1 après le premier choc tombe dans ΔE, P_2 la probabilité pour que, E_1 étant extérieur à ΔE, E_2 y soit contenue, P_3 la probabilité pour que, E_1 et E_2 étant extérieurs à ΔE, E_3 y soit contenue, et ainsi de suite. Les cas ainsi considérés étant exclusifs les uns des autres, on a évidemment, par application du théorème d'addition des probabilités,

$$P = P_1 + P_2 + \ldots = \sum_1^\infty P_n. \tag{2}$$

Pour évaluer ces probabilités, nous assimilerons le choc entre neutron et noyau à celui de deux sphères élastiques de masses m et M se rencontrant de telle façon qu'au moment du choc la ligne des centres fasse un angle θ avec la direction de la vitesse initiale du neutron, celle du noyau étant supposée nulle. L'angle θ varie de zéro à $\pi/2$ quand on passe du choc central au choc tangentiel. Si E est l'énergie cinétique initiale du neutron, son énergie cinétique après le choc est, en mécanique classique, donnée par

$$E' = E(\sin^2\theta + \alpha^2\cos^2\theta) = E[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\sin^2\theta], \tag{3}$$

en posant

$$\alpha = \frac{M-m}{M+m}. \tag{4}$$

L'erreur relative sur E', résultant de la formule (3) par rapport à ce que donnerait la mécanique relativiste, est toujours inférieure à $(1-\alpha^2)(E/mc^2)$, c'est-à-dire négligeable même pour les neutrons les plus rapides rencontrés jusqu'ici. Nous ferons donc usage de la formule (3) dans ce qui suit.

D'après cette formule, E', toujours inférieure ou au plus égale à E, varie entre $\alpha^2 E$ (choc central) et E (choc tangent).

La probabilité ϖ pour que l'angle θ soit compris entre zéro et θ est égale à $\sin^2\theta$; on a donc, d'après (3),

$$E' = E[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi]. \tag{5}$$

La probabilité $\Delta\varpi$ pour que l'énergie finale E', après un choc d'énergie initiale E, tombe dans le domaine ΔE est donc

(6) $$\Delta\varpi = \frac{1}{1-\alpha^2}\,\frac{\delta E}{E},$$

δE étant la partie du domaine ΔE comprise entre α^2E et E.

Application au premier choc. — L'énergie initiale du neutron étant E_0 et ϖ_1 la probabilité, égale à $\sin^2\theta_1$, pour que l'angle sous lequel se produit le premier choc soit compris entre zéro et θ, on a, par application de (5),

$$E_1 = E_0[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_1]$$

et par (6)

$$P_1 = \Delta_1\varpi = \frac{1}{1-\alpha^2}\,\frac{\delta E}{E_0}.$$

Il nous sera commode pour la suite de poser

(7) $$C = \frac{E}{E_0} = e^{-x}, \qquad x = L\frac{E_0}{E}$$

et

(8) $$a = L\frac{1}{\alpha^2} = 2L\frac{M+m}{M-m}.$$

On aura

(9) $$P_1 = \frac{\delta C}{1-\alpha^2}.$$

Si nous faisons correspondre aux conditions de choc caractérisées par l'angle θ_1 un point d'abscisse $\sin^2\theta_1$ ou ϖ_1, sur un segment de droite OI de longueur égale à l'unité, l'origine O correspondra au choc central, C y prendra la valeur α^2 et x la valeur a, tandis que l'extrémité I correspondra au choc tangentiel pour lequel C prend la valeur 1 et x la valeur zéro. La probabilité P_1 est égale à la partie du segment OI pour laquelle E_1 tombe dans ΔE.

Les résultats relatifs à P peuvent s'exprimer sous forme différentielle de la manière suivante :

(10) $$\begin{cases} \text{pour } 0 \leqq x \leqq a, & dP_1 = \dfrac{dC}{1-\alpha^2} = \dfrac{dE}{E_0(1-\alpha^2)}; \\ \text{pour } x > a, & dP_1 = 0. \end{cases}$$

Le coefficient de proportionnalité de dP_1 à dC représente donc ainsi une discontinuité égale à $1/1-\alpha^2$ lorsque x traverse la valeur a, ou lorsque C traverse la valeur α^2 qui correspond pour E à la valeur $\alpha^2 E_0$. Nous verrons que les autres termes P_2, P_3, ... de la somme (2) ne présentent pas de semblables discontinuités.

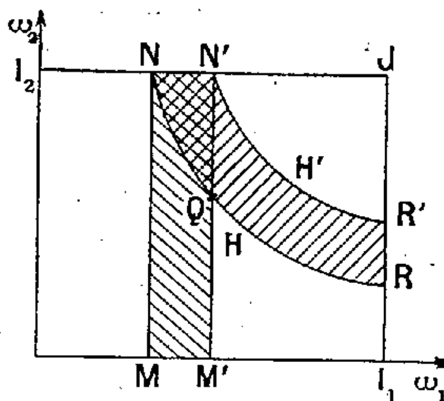
Application au deuxième choc. — Si θ_1 et θ_2 sont les angles sous lesquels se produisent les deux premiers chocs, ϖ_1 et ϖ_2 les probabilités correspondantes, on a, par application de (5),

$$E_1 = E_0[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_1],$$
$$E_2 = E_1[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_2],$$

d'où

(11) $$E_2 = E_0[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_1][\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_2].$$

Si nous portons ϖ_1 et ϖ_2 sur deux segments rectangulaires égaux à l'unité, OI_1 et OI_2, il correspond à chaque modalité de l'ensemble des deux premiers chocs, caractérisé par θ_1 et θ_2 ou par ϖ_1 et ϖ_2, un point à l'intérieur du carré OI_1I_2J, et, par application du théorème des probabilités composées, la probabilité, pour que ce point représentatif se trouve à l'intérieur d'une portion de la surface de ce carré, est égale à l'aire de cette portion, et l'ensemble de tous les cas possibles correspond à l'aire totale du carré qui est égale à l'unité (voir la figure).



En vertu de l'équation (11), les points représentatifs de tous les systèmes de deux chocs successifs qui aboutissent à une même énergie finale E_2 du neutron sont situés sur l'hyperbole

(12) $$[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_1][\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_2] = C = \frac{E_2}{E_0}.$$

Il nous est maintenant facile de déterminer la portion du carré qui correspond aux systèmes de deux chocs pour lesquels l'une au moins des énergies E_1 et E_2 tombe dans le domaine ΔE. Supposons, pour simplifier la figure, que ce domaine comprenne un seul intervalle d'étendue finie dont les limites soient elles-mêmes comprises entre $\alpha^2 E_0$ et E_0. Si OM et OM′ (*figure*) représentent les valeurs de ϖ_1, qui correspondent aux limites inférieure et supérieure de cet intervalle ΔE, les points du carré pour lesquels E_1 tombe dans ΔE sont situés dans la bande rectangulaire MM′NN′, et les points pour lesquels E_2 tombe dans ΔE sont situés dans la bande NN′RR′ comprise entre les deux hyperboles H et H′ dont les équations, de la forme (12), correspondent aux deux valeurs de E_2 égales aux limites inférieure et supérieure de ΔE. On voit facilement, dans ces conditions, que P_1 est égal à l'aire de la bande MM′NN′ et P_2 égal à l'aire N′QRR′, de sorte que la somme $P_1 + P_2$ est représentée par l'aire hachurée totale. Le triangle curviligne NQN′ contient les points représentatifs pour lesquels E_1 et E_2 tombent tous deux dans le domaine ΔE. Remarquons de suite que si ΔE est infiniment petit, l'aire de ce triangle est infiniment petite du second ordre.

On calculera ainsi facilement la somme $P_1 + P_2$ quel que soit le domaine donné ΔE; dans le cas où il se compose d'une seule bande de largeur infiniment

petite dE ou $E_0 dC$, on obtient, pour les éléments dP_1 et dP_2, les résultats suivants :

$$0 \leqq x \leqq a \quad \text{ou} \quad \alpha^2 \leqq C \leqq 1 \quad \begin{cases} dP_1 = \dfrac{1}{1-\alpha^2} dC, \\ dP_2 = \dfrac{x}{(1-\alpha^2)^2} dC, \end{cases}$$

$$a \leqq x \leqq 2a \quad \text{ou} \quad \alpha^4 \leqq C \leqq \alpha^2 \quad \begin{cases} dP_1 = 0, \\ dP_2 = \dfrac{2a - x}{(1-\alpha^2)^2} dC, \end{cases}$$

$$2a \leqq x \quad \text{ou} \quad C < \alpha^4 \quad \begin{cases} dP_1 = 0, \\ dP_2 = 0. \end{cases}$$

Cas d'un nombre quelconque de chocs. — La représentation que nous venons d'utiliser se généralise facilement. A chaque système de n chocs successifs caractérisé par les angles $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_n$ ou les probabilités $\varpi_1, \Pi_2, \ldots, \varpi_n$ égales respectivement à $\sin^2\theta_1, \sin^2\theta_2, \ldots$, correspond un point représentatif de coordonnées $\varpi_1, \varpi_2, \ldots$ à l'intérieur d'un hypercube d'ordre n dont toutes les arêtes, et par conséquent le volume total, sont égaux à l'unité. L'ensemble de tous les points représentatifs, tels que l'une au moins des énergies $E_1, E_2, \ldots$ tombe dans le domaine ΔE, constitue une portion de cet hypercube limitée par des hyperplans, des hypercylindres hyperboliques et des hyperhyperboloïdes dont les équations sont toutes de la forme

$$[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_1][\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_2]\ldots[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi_p] = C,$$

p variant depuis 1 jusqu'à n quand on passe des hyperplans aux hyperhyperboloïdes. La probabilité cherchée P est égale au volume de cette portion de l'hypercube, et par conséquent égale au maximum à l'unité.

J'ai pu effectuer complètement les calculs lorsque le domaine ΔE se compose d'un seul intervalle infiniment petit de largeur dE égale à $E_0 dC$. Les résultats sont les suivants : il faut tout d'abord situer l'intervalle donné dE, compris entre E et $E + dE$, par rapport aux termes d'une progression géométrique décroissante qui représentent les énergies successives du neutron lorsque tous les chocs sont centraux,

$$(13) \qquad E_0, \quad \alpha^2 E_0, \quad \alpha^4 E_0, \quad \ldots, \quad \alpha^{2i} E_0, \quad \ldots,$$

ou, ce qui revient au même, situer x, égal à $L(E_0/E)$, par rapport aux termes de la progression arithmétique

$$0, \quad a, \quad 2a, \quad \ldots, \quad ia, \quad \ldots.$$

On détermine ainsi un entier i tel que :

$$ia \leqq L\frac{E_0}{E} \leqq (i+1)a.$$

Si l'on pose ensuite

$$(14) \qquad y = \frac{x}{1-\alpha^2} = \frac{1}{1-\alpha^2} \mathrm{L} \frac{\mathrm{E}_0}{\mathrm{E}}, \qquad \varepsilon = \frac{a}{1-\alpha^2},$$

$$(15) \qquad \varphi_k(y) = \frac{1}{k!} \frac{d}{dy}(y^k e^y),$$

k étant un entier, on a pour la probabilité cherchée $d\mathrm{P}$,

$$(16) \qquad d\mathrm{P} = \frac{d\mathrm{E}}{\mathrm{E}_0(1-\alpha^2)} \sum_{k=0}^{i} (-1)^k \varphi_k(y - k\varepsilon).$$

Le coefficient de proportionnalité de $d\mathrm{P}$ à $d\mathrm{E}$ ne présente une discontinuité, égale à $1/\mathrm{E}_0(1-\alpha^2)$, que lorsque E traverse la valeur $\alpha^2\mathrm{E}_0$, c'est-à-dire lorsque x traverse la valeur $\mathrm{L}(1/\alpha^2)$, ou y la valeur $(1/1-\alpha^2)\,\mathrm{L}(1/\alpha^2)$; cette discontinuité provient du seul terme $d\mathrm{P}_1$. Lorsque la masse M du noyau est égale à celle du neutron (cas du proton), α est nul, la série (13) ne présente plus qu'un seul intervalle entre E_0 et 0, i est par conséquent toujours égal à zéro, et la seule fonction φ à envisager est

$$\varphi_0(y) = e^y = \frac{\mathrm{E}_0}{\mathrm{E}},$$

en tenant compte de (15) et (14).

Le résultat (16) prend alors la forme simple

$$d\mathrm{P} = \frac{d\mathrm{E}}{\mathrm{E}}.$$

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la fermentation du jus de Topinambour.* Note de MM. Henri Colin et Henri Belval.

Le jus vert de Topinambour, exprimé en octobre, ne fermente que partiellement sous l'action des levures ordinaires; il renferme une forte proportion d'inuline et polarise à gauche ($[\alpha]_D$ —20°).

Durant les semaines qui suivent, la rotation polarimétrique augmente peu à peu et devient positive ($[\alpha]_D$ +10°). Corrélativement, le pouvoir rotatoire après hydrolyse s'élève de —75° à —55°. Au cours de ces transformations, signalées pour la première fois par Dubrunfaut (1867), la richesse en saccharine ne subit aucune diminution et le pourcentage du réducteur augmente à peine. Le jus de Topinambour fermente alors avec facilité; en 8 ou 9 heures, à pH 4,5 et à 32°, avec $0^g,5$ de levure pressée prise chez le boulanger, les deux tiers des glucides sont transformés. A partir de ce moment le phénomène se ralentit, le sucre réducteur, jusqu'alors abondant, tombe à rien, et c'est lentement que s'achève l'opération.

Dans ses *Études sur le Topinambour*, publiées en 1884, Müntz rapporte à un sucre spécial, le *synanthrose*, issu de la transformation de l'inuline, la plus

grande partie du stock glucidique des tubercules, tout ce qui fermente facilement, le reste, un dixième environ, étant de l'inuline. Tanret a montré (1893) que ce soi-disant sucre, incristallisable, non réducteur, optiquement neutre, comme la lévuline de Ville et Joulie, n'était qu'un mélange, en proportions variables, de saccharose et de synanthrine, l'une des quatre fructosanes découvertes par lui, à côté de l'inuline, dans le jus de Topinambour.

Or la synanthrine, à l'état pur, n'est qu'assez lentement hydrolysée par les extraits de levure; l'hélianthénine se montre plus résistante encore et la saccharification diastasique des deux autres fructosanes, l'inulénine et la pseudo-inuline, est presque aussi difficile que celle de l'inuline elle-même.

Pour que la fermentation évolue si rapidement dans le jus vert de Topinambour, il faut donc que la levure y trouve des adjuvants. On s'en douterait rien qu'à voir la vitesse avec laquelle les fructosanes y sont saccharifiées en présence d'autolysat de levure. En 4 ou 5 jours, à la température de 32° et à pH 5, l'hydrolyse est complète, alors qu'elle n'en est qu'aux deux tiers dans le jus bouilli additionné d'autolysat, et à mi-chemin seulement dans le jus tel quel, peu doué du point de vue diastasique. L'expérience est à la portée de tous, nous l'avons répété cent fois. L'augmentation du sucre réducteur et la diminution du pouvoir rotatoire permettent de suivre facilement la marche de l'hydrolyse; rapide au début, tant qu'elle porte sur le saccharose principalement, elle se ralentit lorsque les fructosanes sont seules en cause, surtout vers la fin où il ne reste plus que de l'inuline. Dans l'opération dont voici les résultats, le milieu avait une richesse glucidique de 9 %, le liquide fermentaire était un autolysat antiseptique (toluène) de levure de boulangerie. Le tableau suivant fait voir les variations, avec le temps, du pouvoir rotatoire direct $[\alpha_1]$, du pouvoir réducteur R, et du rapport R/T du sucre réducteur formé à la totalité des glucides.

	Jus vert tel quel.			Jus vert + Autolysat.			Jus bouilli + Autolysat.		
Temps.	$[\alpha_1]$.	R.	R/T.	$[\alpha_1]$.	R.	R/T.	$[\alpha_1]$.	R.	R/T.
0	+8	0,1		+8	0,1		+8	0,1	
1 jour	−3	1,2	0,13	−34	5,3	0,56	−22	3,4	0,36
3 jours	−14	2,5	0,26	−47	7,4	0,78	−29	4,8	0,51
5 »	−31	5,2	0,55	−60	9,4	0,99	−42	6,4	0,68
8 »	−38	6,0	0,63	−62	9,4	0,99	−42	6,4	0,68
10 »	−41	6,4	0,67				−45	6,7	0,70
22 »	−49	7,6	0,80				−51	8,4	0,88
32 »	−54	8,6	0,91				−63	9,5	1,00

Il n'est pas difficile, d'après cela, de deviner ce que sera l'allure de la fermentation dans le jus additionné d'autolysat. L'inversion rapide du saccharose mettra la levure en présence d'une plus grande quantité de réducteur, d'où retard probable au début, compensé, et au delà, dans la suite, lorsqu'il n'y a plus dans le milieu que les fructosanes. De fait, au bout de 24 heures,

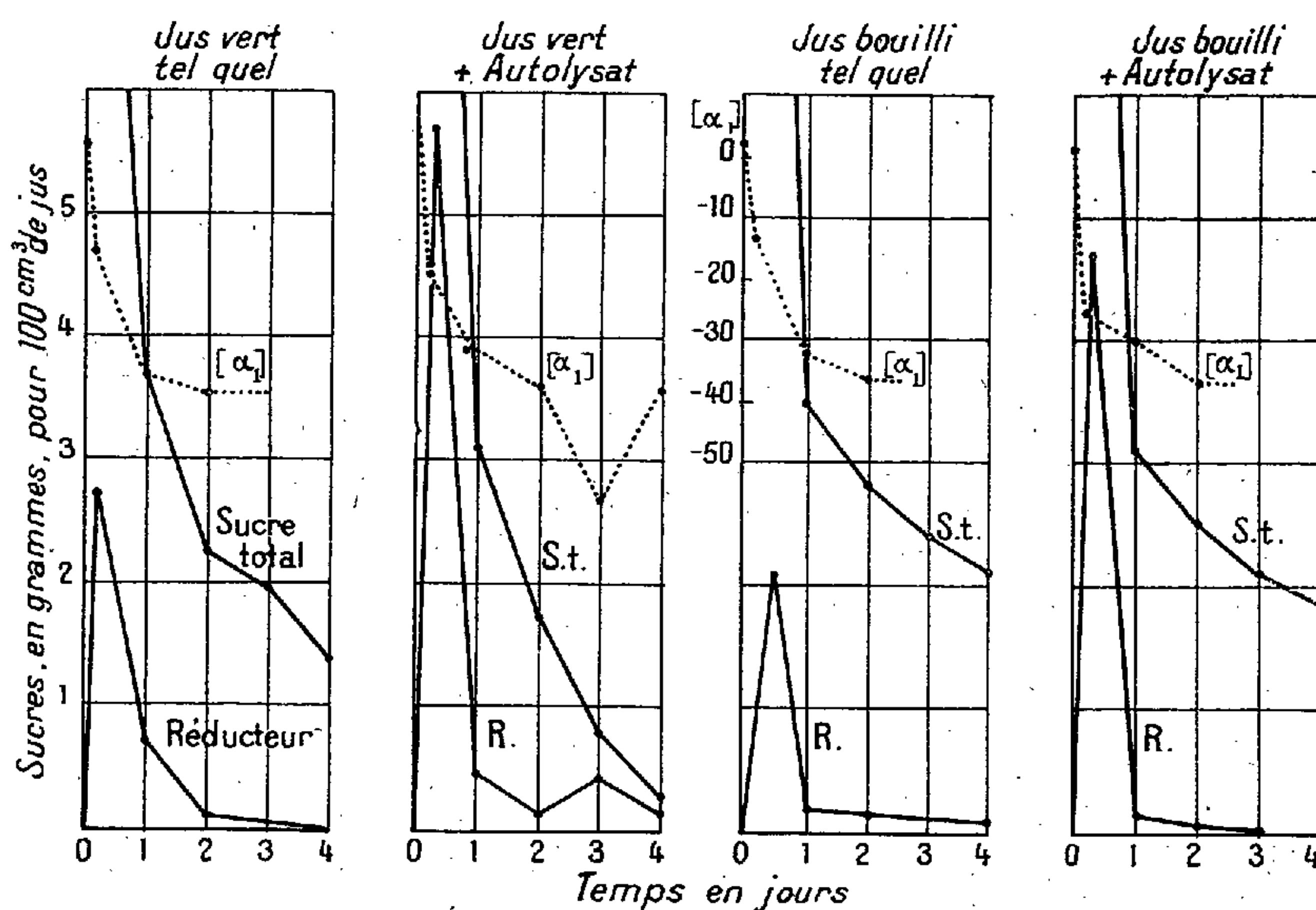
90 % des glucides ont disparu, au lieu de 80 % précédemment; dans un cas comme dans l'autre le pouvoir rotatoire direct $[\alpha_1]$ tend à se rapprocher de celui de l'inuline.

Inutile de dire que la fermentation est plus lente, surtout vers la fin, dans le jus porté à 100°, ou seulement à 70°-75° comme dans la diffusion industrielle. La saccharification préalable s'impose alors; cependant les milieux chauffés peuvent être rendus plus aptes à la fermentation directe par addition de jus vert et d'autolysat de levure, de ce dernier surtout.

Pour explorer plus facilement la dernière étape de la fermentation nous avons enrichi artificiellement le milieu en inuline, à raison de 2g % d'inuline de Dahlia préalablement dissoute dans l'eau bouillante. Après 4 jours de fermentation, on en retrouve

0g,3	dans le jus vert	+ autolysat (10 %)
1,4	»	vert
1,8	»	bouilli + autolysat (10 %)
2,1	»	bouilli

Les graphiques ci-dessous traduisent l'allure de la fermentation suivant le milieu.



Ainsi donc la majeure partie des glucides du tubercule de Topinambour fermente directement sous l'action des levures ordinaires de boulangerie dès que le suc est devenu dextrogyre, vers la mi-janvier, le plus souvent, pour les plantes laissées en terre; le reste, formé d'inuline surtout, n'est pas si facilement mis en œuvre; cela dépend des races de levures (1), mais il

(1) FÉRON, *Hydrolyse diastasique des fructopolyosides* (*Thèse de l'Université de Paris*, série A, n° 348, 1936, p. 23).

fermente néanmoins, sans hydrolyse préalable, comme Müntz l'avait bien remarqué, plus vite dans le jus vert que dans le jus chauffé, mieux encore si le milieu est additionné d'autolysat de levure.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les propriétés de la neurotoxine sécrétée par le bacille de la fièvre typhoïde.* Note de M. **Hyacinthe Vincent.**

J'ai montré ([1]) que la pathogénie des manifestations morbides dominantes déterminées, chez l'homme, par le bacille de la fièvre typhoïde, est plus complexe qu'il ne l'a été signalé jusqu'ici, et que ce microbe sécrète, en particulier, chez les malades et, dans certaines conditions de culture *in vivo* chez l'animal, une toxine non décrite jusqu'ici, d'une labilité très grande et, cependant, d'une activité puissante.

Cette toxine a la propriété de se fixer électivement sur les neurones centraux et de donner lieu aux symptômes nerveux qui caractérisent cette maladie (prostration, hébétude, ataxo-adynamie, délire etc.; parfois et ultérieurement, troubles cérébraux prolongés).

Les nombreux auteurs qui ont entrepris la recherche des poisons solubles élaborés par le bacille de la fièvre typhoïde ont eu recours à des méthodes qui, dans le cas où la neurotoxine était présente, ne pouvaient qu'en déterminer la destruction en raison de sa très grande fragilité.

Dans les conditions expérimentales favorables, et lorsque ce dernier principe toxique ne se trouve pas associé à la toxine entérotrope, son inoculation dans le péritoine du cobaye, du lapin et de la souris blanche provoque, à faibles doses, l'apparition de symptômes identiques de torpeur absolue suivie de mort rapide, tels qu'on les observe chez l'homme. L'autopsie ne montre aucune congestion ni aucune lésion de l'intestin, du foie ou des capsules surrénales.

Abandonnée en présence de l'air, à la température du laboratoire, la neurotoxine commence à perdre son pouvoir peu de temps après la première heure, parfois même un peu avant ce délai. L'action neutralisante qu'exerce sur elle l'oxygène de l'air est vérifiée par ce fait que si l'on fait barboter dans la culture centrifugée ou filtrée, un courant d'oxygène, sa toxicité est entièrement abolie en 30 ou 60 secondes. La toxine neurotrope est donc *oxydolabile*. Mais, conservée dans le vide aussitôt après sa récolte, elle perd spontanément son pouvoir pathogène après quatre ou cinq heures. Elle est donc également *autolabile*.

L'addition à la même toxine d'un corps réducteur, tel que l'un des trois diphénols isomères, pyrocatéchine, résorcine, hydroquinone, prolonge pendant quelques heures la durée de son activité. Toutefois ces corps, même l'hydroquinone, ont par eux-mêmes, sur le système nerveux, une action

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 400.

toxique qui ne permet pas de dissocier avec certitude leurs effets propres de ceux qui appartiennent à la toxine oxydolabile. La même remarque s'applique à l'acide pyrogallique etc.

La neurotoxine typhoïdique affecte la même sensibilité à l'action de la chaleur. Elle est détruite, en effet, à la température de 58°. Elle est donc *thermolabile*, tandis que, d'après mes constatations, la toxine entérotrope résiste à cette température et ne perd son pouvoir spécial qu'à 85°. Cette particularité permet de la séparer de la précédente dans les milieux où elles existent simultanément.

Il y a lieu de faire remarquer que les races de bacille typhique qui possèdent ou qui ont acquis la propriété de sécréter *in vivo*, dans l'abdomen du cobaye, la toxine hyperlabile à polarité nerveuse cérébrospinale, perdent assez rapidement ce pouvoir lorsqu'on les transfère, *in vitro* et à l'étuve à 38°, en culture en milieu liquide ou solide, à l'air ou dans le vide. Après plusieurs passages, elles ne récupèrent pas toujours leur caractère neurotrope, au moins dans sa totalité ou son exclusivité initiale, lorsqu'on les reporte de nouveau, en sac, dans l'abdomen du cobaye ([2]). L'indépendance réciproque des deux toxines se trouve confirmée, s'il en était besoin, par le résultat de l'expérience suivante.

En vue de l'immuniser contre la toxine entérotrope, on injecte successivement sous la peau d'un cobaye de 300^g à 350^g, et à 8 jours d'intervalle, des doses progressives de cette même toxine, 0$^{cm^3}$,10, 0$^{cm^3}$,25, 0$^{cm^3}$,75, 1$^{cm^3}$, après avoir vérifié son activité. Quinze jours après la dernière injection vaccinante, on inocule dans le péritoine du même cobaye 1$^{cm^3}$ ou 1$^{cm^3}$,5 de toxine neurotrope, en même temps qu'à un cobaye neuf témoin, de même poids. Les deux animaux présentent, dans les délais habituels, les symptômes de torpeur et succombent. A leur autopsie, on ne constate pas de congestion de l'intestin.

La disparité fondamentale des deux toxines élaborées par le bacille d'Eberth ainsi que l'individualité propre de chacune d'elles permettent, en conséquence, d'interpréter l'existence des symptômes cardinaux qui caractérisent la fièvre typhoïde : la stupeur d'une part, et d'autre part l'entérite, la diarrhée, les lésions des plaques de Peyer etc. Chacun de ces groupes de symptômes entièrement distincts est dû à un élément toxique propre. Leurs effets s'associent, le plus souvent, mais non toujours, chez le même malade, les formes à détermination exclusivement nerveuse comportant, d'habitude, le pronostic le plus grave.

Chez l'homme, l'indice de toxicité du bacille typhique dépend essentiel-

---

([2]) Par la méthode que j'ai proposée, de l'inoculation intrapéritonéale du bacille typhique à laquelle on associe l'injection de solution hypertonique de NaCl à 10 % (injecter 1$^{cm^3}$ pour 100^g du poids de l'animal), le bacille acquiert un fort pouvoir infectieux et manifeste en même temps un double pouvoir toxigène; mais, en ces cas, la toxine entérotrope prédomine le plus souvent sur la toxine neurotrope. L'animal présente à la fois des symptômes d'entérite aiguë et de torpeur marquée. Ce mode d'inoculation permet la multiplication du bacille en proportion extrêmement abondante.

lement de la race infectante, mais ses effets sont plus ou moins subordonnés à la résistance innée ou acquise des malades, variable pour chacun d'eux. Sécrétée à un stade particulier de la vie pathogène du microbe infectant, la toxine neurotrope a la propriété de se fixer électivement sur les lipides ou sur les éléments protéiniques des cellules cérébrales et, parfois, des cellules spinales.

Dans les milieux de culture du laboratoire, le bacille ensemencé se multiplie très rapidement et sans obstacle; il trouble le bouillon en quelques heures. Vivant dans ces conditions optima de végétation, il n'a pas à mettre en œuvre sa toxicité offensive et défensive. C'est pourquoi, en vue d'obtenir la production expérimentale de neurotoxine, il est nécessaire de le cultiver dans des conditions qui se rapprochent de la vie pathogène. Encore est-il que ces conditions nécessaires ne sont pas toujours suffisantes, toutes les races du bacille et tous les animaux utilisés ne se prêtant pas uniformément à cette adaptation expérimentale.

M. **Lucien Cayeux** fait hommage à l'Académie, de la part des Services de la Carte géologique de la France, du tome II d'une étude qui a pour titre *Les Phosphates de chaux sédimentaires de France* (*France métropolitaine et d'Outre-Mer*), p. 351-657, pl. XVI-XXXIII. Ce volume est presque entièrement consacré à l'analyse des phosphates de Tunisie et d'Algérie, dont la caractéristique, à une petite exception près, est de procéder de vases à Diatomées typiques de haute mer, renfermant toujours quelques Radiolaires et de nombreux représentants d'un microplankton extrêmement varié. A la petite exception correspondent les phosphates de Boghari (département d'Alger), très riches en Globigérines et dépourvues de Diatomées.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre *Contribution à l'étude de la Flore de Normandie*.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des membres élus des Commissions de prix de 1942, ouvert en la séance du 9 mars, est clos en celle du 16 mars.

40 cahiers de vote ont été déposés.

Après le dépouillement du scrutin, les Commissions sont composées comme suit :

I. Mathématiques : *Prix Poncelet, Francœur*. — MM. J. Hadamard, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, É. Cartan, H. Villat, G. Julia, P. Montel, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. de Broglie, J. Chazy.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Fourneyron, Boileau, Henri de Parville*. — MM. É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, A. Caquot, N..., N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Julia, P. Montel.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Valz, J.-C. Janssen.* — MM. H. Deslandres, A. Cotton, G. Perrier, C. Fabry, E. Esclangon, C. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. R. Bourgeois, L. de Broglie.

IV. Géographie : *Prix Delalande-Guérineau, Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux, Aimé Laussedat.* — MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, G. Perrier, C. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Chevalier, E. de Margerie.

V. Navigation : *Prix Plumey.* — MM. R. Bourgeois, É. Borel, M. de Broglie, G. Perrier, C. Fabry, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, N..., N..., N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. de Broglie, P. Langevin.

VI. Physique : *Prix L. La Caze, Kastner-Boursault, François Hébert, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie, fondations Clément Félix, Pierre Lafitte, Général Ferrié.* — MM. M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, C. Fabry, C. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, P. Langevin, C. Mauguin, C. Gutton, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Julia, G. Fayet.

VII. Chimie : *Prix Montyon des Arts insalubres, Jecker, L. La Caze, fondation Cahours, prix Houzeau, fondation Charles-Adam Girard.* — MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Guillet, C. Fabry.

VII. Minéralogie et Géologie : *Prix Cuvier, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet.* — MM. A. Lacroix, A. Cotton, L. Cayeux, C. Jacob, C. Pérez, C. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, J. Tilho.

IX. Physique du Globe : *Prix Victor Raulin.* — MM. H. Deslandres, A. Lacroix, R. Bourgeois, C. Maurain, G. Perrier, E. Esclangon, E. de Margerie.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, B. Lyot.

X. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de Coincy.* — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Leclainche, C. Pérez.

XI. Économie rurale : *Prix Nicolas Zvorikine, Lac.* — MM. E. Leclainche, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, G. Moussu, M. Javillier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Caullery, É. Roubaud.

XII. Anatomie et Zoologie : *Prix Da Gama Machado, fondation Savigny, prix Jean Thore.* — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, C. Pérez, É. Roubaud, P. Wintrebert, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Bertrand, M. Molliard.

XIII. Anthropologie : *Prix André-C. Bonnet.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Achard, E. de Margerie.

XIV. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Bellion, Larrey, Alfred Dutens, fonds Charles Bouchard, prix Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier, E. Sergent, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. É. Roubaud, J. Jolly.

XV. Cancer et Tuberculose : *Fondation Roy-Vaucouloux, prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, E. Sergent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Pérez, J. Jolly.

XVI. Physiologie : *Prix Montyon, L. La Caze, Pourat, Martin-Damourette.* — MM. H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez, P. Portier, J. Jolly.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Javillier, M. Tiffeneau.

XVII. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. É. Borel, C. Fabry, L. Blaringhem, J. Drach, C. Maurain, É. Cartan, P. Montel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Villat, G. Julia.

XVIII. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. L. Bouvier, É. Borel, M. Caullery, H. Villat, L. de Broglie, C. Pérez, P. Montel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Bertrand, G. Julia.

XIX. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie, et trois membres élus : MM. É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, É. Schribaux, A. de Gramont.

XX. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie.

XXI. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Charles Frémont, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.* — MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, L. Bouvier.

XXII. *Prix fondé par l'État* (GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. J. Hadamard, R. Bourgeois, É. Borel, G. Perrier, J. Drach, É. Cartan, G. Julia.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Villat, P. Montel.

XXIII. *Prix Alhumbert* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. A. Cotton, G. Perrier, C. Fabry, C. Maurain, A. de Gramont, É. Cartan, G. Julia.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. de Broglie, P. Montel.

XXIV. *Prix Bordin* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Blaringhem, A. Gosset.

XXV. *Prix Lallemand*. — MM. L. Bouvier, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset, C. Pérez, P. Portier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P. Wintrebert, J. Jolly.

XXVI. *Prix Vaillant* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, M. Delépine, R. Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Lapicque, C. Pérez.

XXVII. *Prix Le Conte*. — MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie, et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXVIII. *Prix Houllevigue* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. H. Deslandres, É. Borel, M. Brillouin, G. Perrier, É. Cartan, H. Villat, G. Julia.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Cotton, P. Montel.

XXIX. *Prix Parkin*. — MM. H. Vincent, G. Bertrand, C. Achard, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset, M. Tiffeneau.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Delépine, P. Portier.

XXX. *Prix Saintour* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Colin, É. Roubaud.

XXXI. *Prix Jules Mahyer* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. H. Deslandres, É. Borel, G. Perrier, C. Maurain, H. Villat, G. Julia, P. Montel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Cotton, É. Cartan.

XXXII. *Prix Lonchampt, Jules Wolff*. — MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Pérez, É. Roubaud.

XXXIII. *Prix Henry Wilde*. — MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, J. Perrin, E. Esclangon, A. de Gramont.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, C. Jacob.

XXXIV. *Prix Caméré*. — MM. G. Claude, L. Guillet, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, A. Caquot, É.-G. Barrillon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. R. Bourgeois, G. Charpy.

XXXV. *Prix Albert Ier de Monaco.* — MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie, et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXXVI. *Prix Marquet* (Sciences mathématiques). — MM. H. Deslandres, É. Borel, A. Cotton, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, G. Julia.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Perrier, J. Drach.

XXXVII. *Prix Général Muteau* (Sciences mathématiques). — MM. R. Bourgeois, É. Borel, G. Perrier, C. Fabry, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Claude, J. Tilho.

XXXVIII. *Prix Alexandre Darracq.* — MM. G. Claude, M. Delépine, É. Jouguet, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Bertrand, H. Villat.

XXXIX. *Prix Laura Mounier de Saridakis.* — MM. H. Vincent, G. Bertrand, C. Achard, A. Gosset, C. Pérez, P. Portier, M. Javillier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Caullery, M. Tiffeneau.

XL. *Fondation Jérôme Ponti* (Sciences mathématiques). — MM. R. Bourgeois, É. Borel, C. Fabry, C. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, G. Julia.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Perrin, A. Cotton.

XLI. *Fondation Millet-Ronssin.* — MM. A. Lacroix; L. Cayeux, C. Jacob; P.-A. Dangeard, A. Guilliermond; C. Pérez, É. Roubaud.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Mauguin, M. Molliard, L. Bouvier.

XLII. *Fondations Villemot, Carrière* (Recherches scientifiques). — MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie, et douze membres qui seront élus ultérieurement.

XLIII. *Prix Hélène Helbronner-Fould.* — MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; M. de Broglie, A. de Gramont, L. Martin, C. Gutton, J. Duclaux, G. Roussy, J. Jolly, N..., N..., N....

CORRESPONDANCE.

M. **Constantin Popovici**, au nom de la **Faculté des Sciences et de l'Observatoire de Bucarest**, exprime des condoléances à l'occasion de la mort de M. *Émile Picard* et signale qu'une cérémonie a eu lieu en sa mémoire à la *Société roumaine des Sciences, Section de Mathématiques* de Bucarest, le 9 février.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Trochain. *Contribution à l'étude de la Végétation du Sénégal* (Publication des *Mémoires de l'Institut français d'Afrique noire*, vol. 2) (présenté par M. Auguste Chevalier).

HYDRAULIQUE. — *Remarque sur les chambres d'équilibre à étranglement.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Les manœuvres instantanées d'arrêt du débit provoquant les plus fortes montées du plan d'eau, à l'intérieur des chambres d'équilibre, il est d'usage de baser le calcul des chambres d'équilibre sur la considération de ces manœuvres. Il arrive toutefois que les déchargeurs des turbines aient une durée d'action $\mathcal{T}$, assez grande vis-à-vis de la période d'oscillation T, pour qu'il y ait avantage à en tenir compte; une solution prudente consiste, généralement, dans ce cas, à supposer que certains déchargeurs peuvent ne pas fonctionner. Dans la présente Note, nous nous proposons de montrer que, dans le cas d'une chambre à étranglement, cette dernière hypothèse ne correspond pas toujours à des conditions de fonctionnement plus rigoureuses : elle peut conduire, en effet, à une évaluation de la cote maxima z_m du plan d'eau, inférieure à celle (z''_m) à laquelle aboutit le fonctionnement normal simultané de tous les déchargeurs.

L'installation dont l'étude nous a fait faire cette remarque comprend deux groupes, d'égal débit; les pertes de charge, pour le débit maximum Q_0, sont égales à $p_0 = 0,16$, dans le canal d'amenée, et $r_0 = 0,76$, dans l'étranglement, en valeurs relatives; le fonctionnement des déchargeurs a une durée relative

$$\theta = \frac{\mathcal{T}}{T} = 0,5.$$

Les méthodes classiques de calcul fournissent alors, pour la cote relative z_m du niveau maximum atteint par l'eau, dans la chambre d'équilibre, à la suite de l'arrêt total du débit Q_0 :

$z'_m = 0,60$, pour une fermeture instantanée;

$z''_m = 0,514$, pour une fermeture linéaire de durée $\theta = 0,5$.

La comparaison de ces deux chiffres montre que la mise en compte de la durée d'action des déchargeurs, en supposant qu'elle corresponde à une loi de fermeture linéaire, réduit sensiblement la cote relative maxima atteinte par le plan d'eau au-dessus du niveau statique.

Supposons maintenant qu'un seul déchargeur fonctionne; la loi de variation du débit Q, en fonction du temps, devient

$$u = \frac{Q}{Q_0} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{t}{\mathcal{T}}\right) = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{t'}{T}\right), \qquad \text{avec} \quad t' = \frac{t}{T}.$$

L'équation différentielle de la montée s'écrit

$$v\frac{dv}{dz} + \frac{1}{2\pi}\frac{du}{dt'} + z + p + r = 0,$$

[1] Séance du 2 mars 1942.

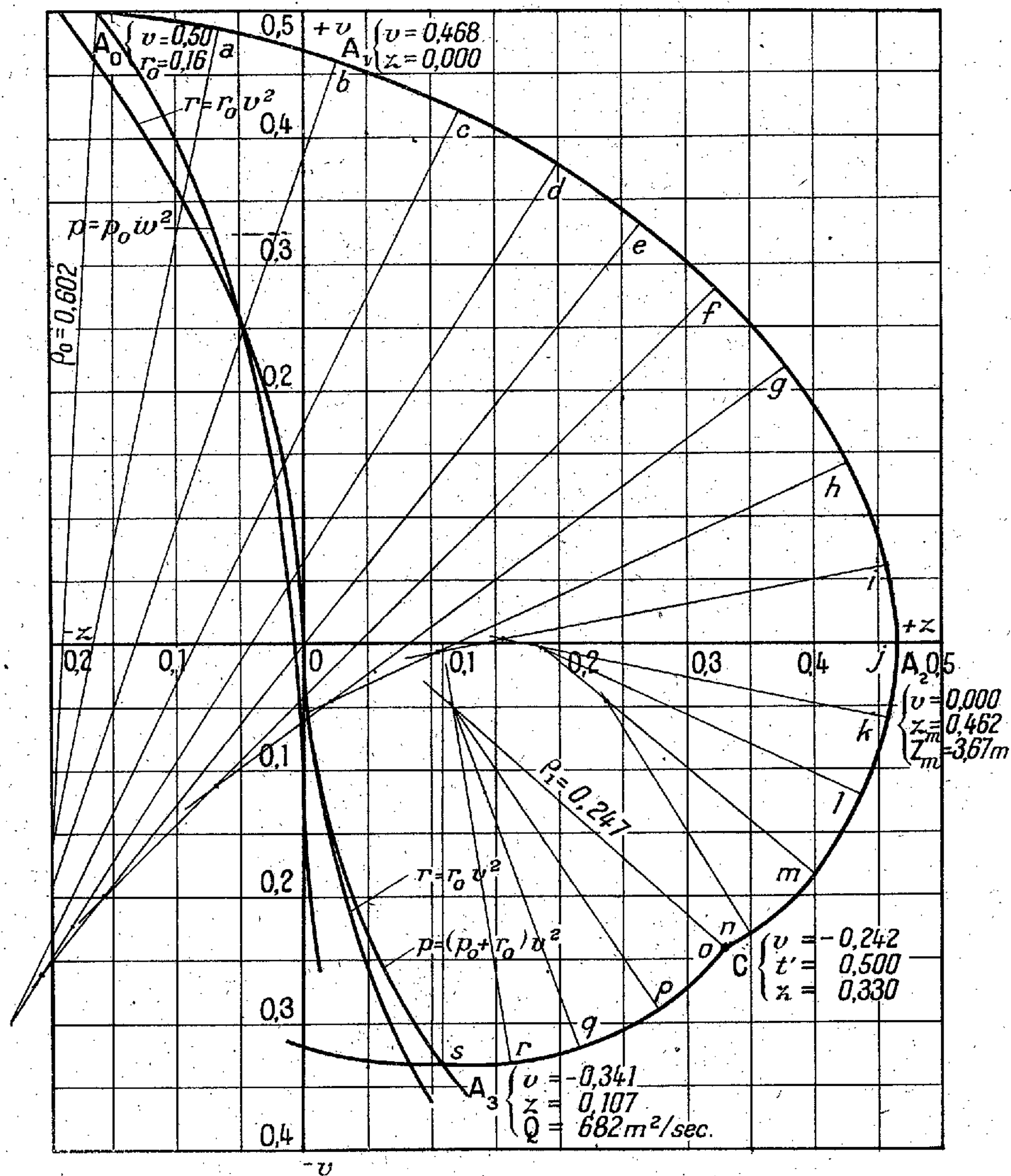
avec

$$w = v + \frac{1}{2} - \frac{t'}{2\theta},$$

v désignant la vitesse ascensionnelle du niveau de cote z;

w la vitesse dans le canal d'amenée;

$p = p_0 w^2$ et $r = r_0 v^2$ les pertes de charge dans le canal d'amenée et dans l'étranglement, à l'instant considéré t', toutes ces quantités étant exprimées en grandeurs relatives.



Les conditions initiales ($z = -p_0$, $v = 1/2$) pour $t' = 0$ permettent d'évaluer la pente de la tangente

$$\frac{dv}{dz} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\pi\theta} - r_0\right) = -0{,}0617,$$

la dérivée seconde

$$\frac{d^2\varphi}{dz^2} = -\frac{1}{2}\left(r_0 - \frac{1}{\pi\theta}\right)^2 - 2(1 - p_0 r_0) + r_0\left(r_0 - \frac{1}{\pi\theta}\right) = 1{,}67,$$

et le rayon de courbure

$$\rho = 0{,}602,$$

au point de départ de la courbe (φ, z) dont la figure représente la construction qui s'inspire de la méthode classique applicable aux fermetures linéaires.

L'intersection de cette courbe avec l'axe Oz fournit la cote relative maxima z_m atteinte par l'eau à la fin de la première montée,

$$z_m = 0{,}462.$$

En comparant cette valeur à z''_m, on voit que le niveau s'élève moins haut, dans la chambre, si l'un des deux déchargeurs ne fonctionne pas, que si les deux appareils marchent simultanément. Ce résultat, surprenant *a priori*, s'explique par la mise en action plus rapide du freinage dû à l'étranglement, dans le premier cas; il est du même ordre que celui que l'on obtient, parfois, dans la comparaison des fermetures complètes effectuées à partir du débit maximum, ou seulement d'une fraction de celui-ci.

ASTRONOMIE. — *Sur une propriété des orbites planétaires.*

Note de M. **Fernand Prunier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* donne comme rapports a entre les distances moyennes au Soleil des planètes d'une part, et de la Terre d'autre part, les nombres

0,387; 0,7233; 1; 1,5236; 5,2025; 9,5547; 19,218; 30,109.

Pour les rapports m des masses des planètes à la masse de la Terre, il donne

0,056; 0,817; 1; 0,108; 318,36; 95,22; 14,58; 17,26.

Enfin il permet de calculer les expressions $e/e_1 \cos^2 i$, e désignant l'excentricité de l'orbite d'une planète quelconque, e_1 celle de l'orbite terrestre, et i l'angle de l'orbite de la planète avec l'écliptique. Ces nombres ont pour valeurs

12,472; 0,408; 1; 5,571; 2,885; 3,339; 2,768; 0,5382.

Considérons d'abord les quatre planètes les plus rapprochées du Soleil et définissons pour chacune d'elles un nombre n tel que

$$ma = n^2 \frac{e}{e_1 \cos^2 i},$$

en prenant d'ailleurs comme unités les éléments de Mercure, pour éviter de trop nombreuses décimales. Nous trouvons pour n^2 respectivement les valeurs

1; 835; 575,5; 16,9.

Faisons les mêmes opérations avec la Terre encore et les trois planètes Jupiter, Uranus, Neptune, en gardant comme unités les éléments de la Terre, plus commodes cette fois. Nous trouvons pour n^2

$$1;\quad 575;\quad 101,2;\quad 965,4.$$

Ces nombres ont quelque chose d'assez remarquable : ils sont très près d'être des carrés de nombres entiers. Les carrés parfaits les plus proches de leur valeur sont en effet

$$1;\quad 16=4^2;\quad 100=10^2;\quad 576=24^2;\quad 841=29^2\quad \text{et}\quad 961=31^2.$$

Si les orbites étaient d'égale excentricité, en particulier si elles étaient circulaires et situées dans le plan moyen du système, qui est sensiblement celui de l'écliptique, la loi ainsi vérifiée donnerait, de façon très approchée, $ma=n^2$, n étant un nombre entier.

Or l'étude des trajectoires possibles de l'électron dans l'atome conduit à admettre que seules sont stables les trajectoires pour lesquelles l'énergie de l'électron de masse m est de la forme $\mathrm{A}m/n^2$, n étant un entier quelconque, et A une certaine constante ne dépendant pas de m. L'énergie étant, sur ces trajectoires supposées circulaires pour simplifier, inversement proportionnelle à la distance a au centre, les rayons ont les valeurs $a=\mathrm{B}n^2/m$. B étant une autre constante ne dépendant pas de m. Si l'on extrapole cette relation pour deux corpuscules de masses m_1 et m_2 différentes, suivant des trajectoires de rayons a_1 et a_2, on voit que

$$\frac{m_2 a_2}{m_1 a_1}=\frac{n_2^2}{n_1^2},$$

et, si l'on a pris comme unités m_1 et a_1 caractérisant le corpuscule décrivant la trajectoire $n_1=1$, que $m_2 a_2=n_2^2$.

On aboutit donc à la même relation que plus haut. Or l'approximation avec laquelle est vérifiée la relation trouvée pour les planètes n'est pas très inférieure, relativement parlant, à celle qui est réalisée dans les mesures ayant trait à l'atome. Tout se passe donc comme s'il existait pour chacune des sept planètes étudiées une série de *niveaux* dont la planète, en fait, occuperait l'un, caractérisé, à peu de choses près, par une valeur entière de n. On peut voir là un rapprochement de deux ordres différents de faits d'expérience et d'observation.

Le cas de Saturne est plus particulier. Le même calcul fait pour les autres planètes donnerait pour Saturne par rapport à la Terre, 272,4. Or c'est là presque exactement, $(n+1/2)^2$ avec $n=16$: autre point de contact possible entre des domaines paraissant d'abord bien éloignés l'un de l'autre.

Enfin, les systèmes de satellites des planètes donnent des résultats analogues, quoique sensiblement moins nets.

S'il s'agit là, comme on est en droit de le croire, d'autre chose que d'une série de coïncidences fortuites, nous avons à nous demander à quoi peut tenir une

telle propriété. Sans doute faudrait-il rattacher l'idée de niveau à une raison assez générale pour trouver son application dans le domaine cosmique comme dans le domaine atomique. Puisqu'en mécanique de l'atome on est conduit à présenter la suite discrète des valeurs du rayon de l'orbite comme la conséquence d'une sorte d'effet de résonance entre une onde et le chemin décrit par le mobile, il est naturel de penser que l'introduction en mécanique céleste d'une onde, de formule mathématique analogue, conduira au même résultat. Soit donc une onde Ψ satisfaisant à une équation du type de Schrödinger $\Delta\psi + \alpha(E - E)\psi = 0$, α étant une certaine constante, E l'énergie du mobile, F la fonction potentielle du champ. Moyennant les mêmes considérations que pour le système de l'atome, elle conduira, en s'en tenant même si l'on veut à la propagation géométrique, à des conditions analogues de niveau d'énergie. Cependant une signification probabiliste ne paraît pas possible ici, et l'analogie pourrait être simplement mathématique. Quant à l'onde, dont l'existence expliquerait les faits exposés, ce serait plutôt au champ de gravitation qu'au mouvement de planètes qu'on penserait à la rattacher. Elle serait ainsi le moyen d'action du champ.

THERMODYNAMIQUE. — *Pression osmotique et diffusion.* Note ([1]) de M. René Lucas, transmise par M. Paul Langevin.

J'ai montré ([2]) comment il est possible de donner une interprétation ondulatoire de la pression osmotique exercée par un corps dissous. Je me propose de montrer maintenant comment la relation obtenue permet d'évaluer cette pression par l'intermédiaire de grandeurs accessibles à l'expérience. Les résultats obtenus permettront de voir dans quelles conditions les solutions seront *normales* et dans quels cas elles s'écarteront beaucoup de la loi de van't Hoff (solutions dites anormales).

Avec les notations adoptées la pression osmotique ϖ est fournie par la relation

$$\varpi = \frac{RTc}{M}\left(1 + \frac{3}{2}\frac{c}{D}\frac{dD}{dc}\right).$$

La dérivée adiabatique du coefficient de diffusion dD/dc peut s'évaluer comme suit. Soit l'unité de masse de solution enfermée dans un corps de pompe fermé par un piston semi-perméable, l'autre face étant en contact avec le solvant. Lors d'une transformation élémentaire faisant varier la température T, la concentration c et la pression ϖ, la quantité de chaleur dQ fournie au système est

$$dQ = C\,dT + h\,d\varpi + \varepsilon\,dc.$$

C et h sont les constantes thermodynamiques habituelles, ε est la quantité de

([1]) Séance du 2 mars 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 25.

chaleur à fournir pour maintenir la température constante lors du changement de concentration, malgré les chaleurs de mélange. Les variables indépendantes étant T et c,

$$d\varpi = \frac{\partial\varpi}{\partial c}dc + \frac{\partial\varpi}{\partial T}dT.$$

Le coefficient de diffusion D est variable avec c, T et la pression extérieure p (ici égale à ϖ) subie par la solution, en sorte que

$$\frac{dD}{dc} = \frac{\partial D}{\partial c} + \frac{\partial D}{\partial T}\frac{dT}{dc} + \frac{\partial D}{\partial p}\frac{d\varpi}{dc}.$$

En exprimant que $dQ = 0$, on en déduit dT/dc et la valeur de $(dD/dc)_S$ adiabatique.

D'autre part l'équation du cycle de Carnot, telle que l'écrit M. C. Raveau [3], fournit immédiatement la relation

$$\frac{1}{Jc^2}\frac{\partial\varpi}{\partial T} = -\frac{1}{T}\left(\varepsilon + h\frac{\partial\varpi}{\partial c}\right) \quad \text{(J équivalent de la calorie).}$$

En posant $C' = C + h(\partial\varpi/\partial T)$, la relation précédente permet d'exprimer $(dQ/dc)_S$ en ne faisant plus figurer que la seule dérivée $\partial\varpi/\partial c$, d'où

$$\left(\frac{dD}{dc}\right)_S = \frac{\partial D}{\partial c} - \frac{\varepsilon}{C'}\frac{\partial D}{\partial T} + \frac{Jc^2\varepsilon^2}{C'T}\frac{\partial D}{\partial p} + \left[\left(1 + \frac{2Jc^2\varepsilon h}{C'T}\right)\frac{\partial D}{\partial p} - \frac{h}{C'}\frac{\partial D}{\partial T}\right]\frac{\partial\varpi}{\partial c} + \frac{Jc^2h^2}{C'T}\frac{\partial D}{\partial p}\left(\frac{\partial\varpi}{\partial c}\right)^2.$$

Nous n'avons malheureusement pas de données expérimentales sur la quantité $\partial D/\partial p$. Par suite du rôle de la viscosité et des résultats expérimentaux de Bridgman, on peut raisonnablement penser que $(1/D)(\partial D/\partial p)$ est négatif et de l'ordre de -10^{-9} C.G.S. Les données relatives aux chaleurs de mélange permettent de voir que C' reste très voisin de C et que l'expression précédente diffère fort peu de

$$\frac{dD}{dc} = \frac{\partial D}{\partial c} - \frac{\varepsilon}{C}\frac{\partial D}{\partial T} + \left(\frac{\partial D}{\partial p} - \frac{h}{C}\frac{\partial D}{\partial T}\right)\frac{\partial\varpi}{\partial c}.$$

L'équation différentielle en ϖ cherchée est alors

$$\varpi + \varphi\frac{\partial\varpi}{\partial c} = \Phi,$$

avec

$$\Phi = \frac{RTc}{M}\left[1 + \frac{3}{2}\frac{c}{D}\left(\frac{\partial D}{\partial c} - \frac{\varepsilon}{C}\frac{\partial D}{\partial T}\right)\right], \qquad \varphi = -\frac{3}{2}\frac{RTc^2}{M}\left(\frac{1}{D}\frac{\partial D}{\partial p} - \frac{h}{C}\frac{1}{D}\frac{\partial D}{\partial T}\right),$$

d'où

$$\varpi = e^{-\int\frac{dc}{\varphi}}\int_0^c \frac{\Phi}{\varphi}e^{\int\frac{dc}{\varphi}}dc,$$

si l'on considère T comme constante.

---

(3) *Société de Physique*, 16 nov. 1928, p. 135 S; *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1265.

Aux *faibles concentrations* l'expression précédente est équivalente à

$$\varpi = \frac{RTc}{M}\left[1 + \frac{3}{2}\frac{c}{D}\left(\frac{\partial D}{\partial c} - \frac{\varepsilon}{C}\frac{\partial D}{\partial T}\right)\right].$$

Le sens des écarts à la loi de van't Hoff dépend de la quantité

$$\frac{c}{D}\left(\frac{\partial D}{\partial c} - \frac{\varepsilon}{C}\frac{\partial D}{\partial T}\right).$$

Comme $\partial D/\partial T$ est positif et d'un ordre de grandeur connu, on trouve que les deux termes peuvent être de valeurs comparables et de signes identiques ou opposés suivant les cas.

1° Si D varie peu avec la concentration et si la chaleur de mélange est petite, une discussion plus complète permet de voir que la loi de van't Hoff est valable dans un large domaine des concentrations; c'est le cas des mélanges dits normaux (exemple, les mélanges benzène-chloroforme).

2° Les termes $\partial D/\partial c$ et $(-\varepsilon/C)(\partial D/\partial T)$ peuvent être de même signe, c'est le cas des mélanges benzène-alcool méthylique où ces quantités sont négatives, assez notables, ce qui s'accorde avec une cryoscopie anormale et des pressions de vapeur trop fortes (4).

3° Enfin les termes $\partial D/\partial c$ et $(-\varepsilon/C)(\partial D/\partial T)$ peuvent être de signes opposés dans certaines limites de concentration. C'est le cas des mélanges alcool méthylique (ou éthylique) avec l'eau. Pour les solutions à teneur croissante en alcool, la pression osmotique, d'abord plus forte, devient ensuite plus faible que ne le veut la loi de van't Hoff, en accord avec les résultats expérimentaux de Wrewsky (5) et de Lemonde (6).

En résumé les sens des écarts aux lois des solutions idéales s'accordent bien avec les considérations ci-dessus développées.

ÉLECTROCHIMIE. — *Hydrolyse de l'acétate de cadmium.*

Note (1) de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'étude de l'activité des ions constitutifs des solutions de divers sels de cadmium, sulfate (2), chlorure (3), benzène sulfonate (4) en fonction de la dilution, m'a conduit à envisager deux processus distincts d'hydrolyse. Dans le cas du benzène sulfonate, il y a apparition de molécules d'hydroxyde

(4) Schmidt, *Zeit. f. Phys. Chem.*, 121, 1926, p. 221.

(5) *Zeits f. Phys. Chem.*, 81, 1913, p. 1.

(6) *Ann. de Phys.*, 9, 1938, p. 539.

(1) Séance du 26 janvier 1942.

(2) M. Quintin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1657; *J. Chim. Phys.*, 24, 1927, p. 712.

(3) M. Quintin, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1176.

(4) M. Quintin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1215.

$Cd(OH)^2$, dissoutes en solutions concentrées, la relation d'hydrolyse étant

(1) $$[Cd^{++}] = K[H^+]^3,$$

et qui se précipitent lorsque la dilution augmente, car on a alors

(2) $$[Cd^{++}] = K'[H^+]^2.$$

Dans le chlorure et le sulfate, au contraire, il y a proportionnalité à toute dilution entre l'activité des deux cations conformément à

(3) $$[Cd^{++}] = K''[H^+].$$

Ce qui est incompatible avec la formation de molécules d'hydroxyde, mais peut s'expliquer par la présence d'un ion complexe (2).

Il était intéressant de voir comment l'acétate de cadmium se comportait de ce point de vue; les mesures de conductibilité ([5]) et de force électromotrice ([6]) conduisent à penser que ce sel est un électrolyte fort; les anomalies de la conductibilité aux grandes dilutions n'étant pas imputables à une dissociation incomplète s'expliquent peut-être par l'hydrolyse de la solution.

Le pH des solutions d'acétate est mesuré à l'air au moyen d'une électrode à quinhydrone, il ne varie pas au cours du temps. L'activité $[Cd^{++}] = cf_+$ est calculée par la formule

$$E = E_0 - \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log} cf_+,$$

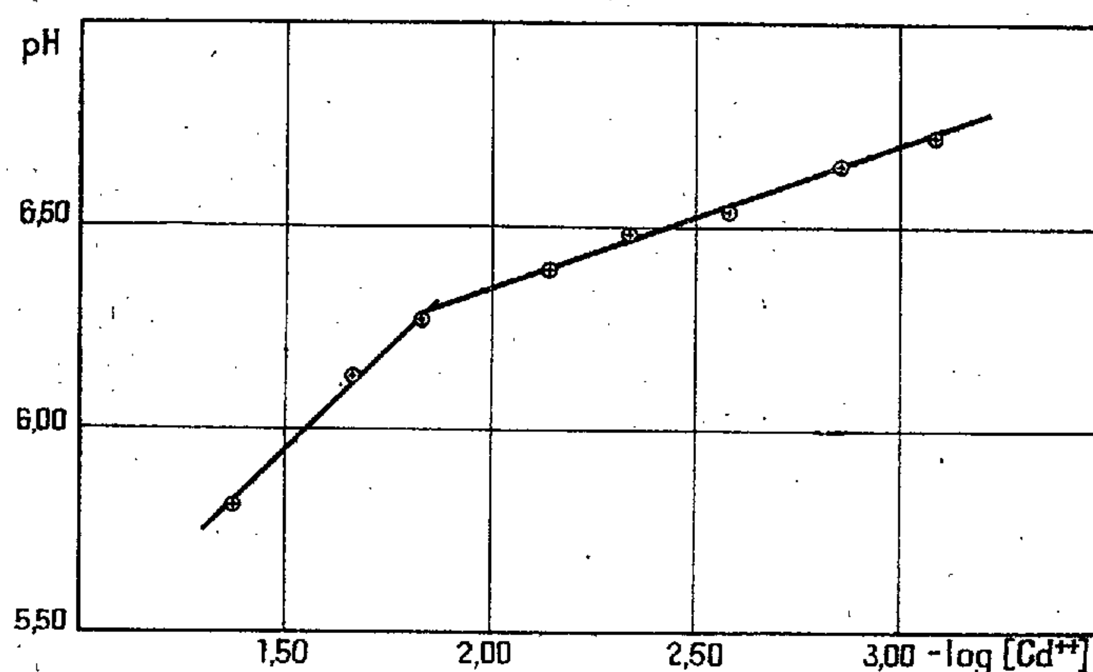
à partir des mesures de E données antérieurement ([6]) et en prenant pour E_0 la valeur (0,3504 volt) déterminée par la méthode de La Mer. Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats obtenus à 25°.

c (mol-g/l).......	0,396.	0,100.	0,050.	0,020.	0,010.	0,005.	0,002.	0,001.
E (10^{-4} volt).....	3906	3999	4051	4137	4196	4260	4350	4418
$-\log[Cd^{++}]$.....	1,360	1,675	1,844	2,141	2,341	2,585	2,862	3,092
pH.............	5,80	6,13	6,29	6,40	6,48	6,54	6,65	6,72

L'activité de l'ion H^+ rapportée à la concentration globale ne renseigne pas sur le mode d'hydrolyse de la solution. Il est plus instructif de représenter les variations du pH en fonction de $-\operatorname{Log}[Cd^{++}]$, on obtient (voir la figure ci-après) deux portions de droites, la première de pente égale à 1, la deuxième de pente égale à 1/3, qui s'expriment respectivement par les relations (3) et (1). Par conséquent, suivant l'état de dilution, il existe deux modes d'hydrolyse de la solution : en solutions concentrées, l'acétate de cadmium se rapproche du chlorure et du sulfate, il est donc logique d'admettre que le processus d'hydrolyse est le même pour le premier de ces sels que pour les deux autres, c'est-à-dire s'accompagne de la présence d'un complexe plus ou moins stable;

([5]) M. Quintin, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 855.
([6]) M. Quintin, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 831.

en solutions diluées au contraire, l'acétate de cadmium se comporte comme le benzène sulfonate de cadmium en solutions concentrées, l'hydrolyse s'effectue avec formation d'hydroxyde dissous.



En résumé, l'étude de l'hydrolyse des solutions d'acétate de cadmium montre que ce sel établit la liaison entre le chlorure et le sulfate d'une part, et le benzène sulfonate d'autre part; les anomalies qu'il présente aux grandes dilutions s'expliquent par le fait que l'hydrolyse est plus prononcée que dans le cas du sulfate et du chlorure et moins que dans celui du benzène sulfonate.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'oxydation de l'acide ascorbique et l'irradiation de l'eau par l'ultraviolet.* Note de M. **Raymond Guillemet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant eu besoin pour d'autres expériences de préparer des quantités importantes d'acide déhydroascorbique, nous avons pu préciser quelques détails du mécanisme de l'oxydation de l'acide ascorbique par irradiation ultraviolette.

Le tube Mazda, du type M.A.500, que nous avons utilisé, est à vapeur de mercure sous pression; il fonctionne sous 110 volts et consomme 120 watts. La solution à irradier (40 à 50^{cm^3}) est contenue dans un récipient circulaire entourant la lampe de manière à utiliser la presque totalité de l'énergie rayonnée; c'est une cuve en silice transparente de 1^{mm} d'épaisseur et ayant les dimensions suivantes : cylindre extérieur de 6^{cm} de diamètre, cylindre intérieur de 4^{cm} de diamètre, hauteur de 5^{cm}. Le liquide est donc irradié sous une épaisseur de 1^{cm} et en tous points perpendiculairement à sa surface. Cette cuve est mastiquée dans un vase en verre plus large, à fond troué pour le passage de la lampe, avec adduction d'eau courante assurant la réfrigération. Un agitateur rotatif tubulaire homogénéise le liquide en même temps qu'il réalise un barbotage actif de gaz (oxygène ou azote débarrassé d'oxygène) qui lui évite le contact avec l'atmosphère extérieure. Les solutions d'acide ascorbique

étaient faites dans l'eau distillée débarrassée des gaz dissous par ébullition; leur température était maintenue entre 18° et 19°C. grâce à l'action combinée du réfrigérant et de l'agitateur. Nous avons dosé l'acide ascorbique par le 2.6-dichlorophénolindophénol.

Dans ces conditions, on arrive à oxyder environ 200^{mg} d'acide ascorbique en 60 minutes ([1]) en atmosphère d'oxygène; des traces de manganèse, de fer ([2]) et de cuivre vont jusqu'à doubler cette vitesse. La présence de doses de cyanure, 20 fois plus fortes que celles utilisées pour éviter l'oxydation de l'acide ascorbique par l'oxygène de l'air en solution diluée, ne change rien à l'allure du phénomène. L'acide ascorbique continue d'ailleurs à s'oxyder après l'irradiation beaucoup plus vite qu'on ne l'observe dans une solution témoin non irradiée. Par la méthode de Denigès ([3]), on met aisément en évidence de l'eau oxygénée, sinon en présence d'acide ascorbique en raison de la réduction parasite du sel d'argent, du moins dans l'eau pure chargée d'oxygène et irradiée dans les mêmes conditions; cette eau oxygénée se détruit évidemment après sa formation (Tian, *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Marseille, 1915); voici quelques résultats :

	H^2O^2 par litre.
Après 1/2 heure d'irradiation	0^{mg},15
» 1 »	0^{mg},75
» 2 »	0^{mg},20

En fait, il suffit d'ajouter à la solution d'acide ascorbique irradiée de faibles quantités de perhydrol, pour attaquer la substance d'une façon massive : nous en avons oxydé 9^{g} en 22 heures en solution presque saturée.

Mais, dès que l'on opère en milieu rigoureusement exempt d'oxygène, il se passe au moins 20 minutes sans que l'on observe la moindre oxydation d'acide ascorbique. Après ce temps, l'action commence et s'accélère d'ailleurs très vite; il semble qu'un second processus s'installe et se substitue au premier. Encore dans ce cas, de l'eau pure soumise à la même irradiation donne naissance à des traces d'eau oxygénée, mais en quantité plus faible qu'en présence d'oxygène; on observe en outre un abaissement de son pH, qui passe de 5,36 à 5,10 au bout de 2 heures 30 minutes. Le fait important est qu'à la suite de la destruction prolongée de l'acide ascorbique dans ces conditions, nous avons pu extraire du liquide et doser à l'aide du microeudiomètre de Nicloux ([4])

([1]) L'oxydation des quelques centièmes de milligramme d'acide ascorbique mis en œuvre dans la méthode de dosage de A. Chevallier et Mlle Y. Choron (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 511-526) pourrait être réalisée en quelques minutes à l'aide du montage ci-dessus ou d'un dispositif analogue mais plus réduit, et d'une manière réellement peu coûteuse. Voir à ce sujet M. Vacher et Mlle Y. Lortie, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 726, et Mlle S. Guinand, *ibid.*, 213, 1941, p. 1003.

([2]) Sans doute la plupart des métaux à deux degrés d'oxydation.

([3]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 196.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 85, 1921, p. 118.

des quantités d'hydrogène de l'ordre du centimètre cube, et d'autant plus élevées que le milieu a été mieux préservé contre l'oxygène; ceci, pour 100^{mg} d'acide dans 50^{cm^3} d'eau.

Si nous nous reportons aux travaux récents de Piffault ([5]), de Bonet-Maury ([6]) et de Loiseleur, Latarjet et Mlle Caillot ([7]), nous en concluons que les radiations ultraviolettes permettent d'observer dans l'eau les mêmes phénomènes que les rayons α ou les rayons de Röntgen :

1° Une activation facile de l'oxygène, qui devient alors susceptible de se combiner avec les molécules d'eau elles-mêmes activées pour donner de l'eau oxygénée ($2H^2O + O^2 = 2H^2O^2$), cette dernière réagissant ensuite sur la substance à oxyder;

2° Si le premier phénomène ne peut avoir lieu par suite de l'absence d'oxygène, ou simultanément, mais d'une manière plus pénible, l'activation de la molécule d'eau donne directement de l'eau oxygénée ($2H^2O = H^2O^2 + H^2$) pendant que les ions hydrogène finissent par se dégager en hydrogène moléculaire lorsque l'oxygène libéré par l'eau oxygénée est utilisé par la substance à détruire.

On peut aussi supposer qu'en présence d'oxygène captant les ions H, la réaction du second type devient efficace dès le début de l'irradiation et suffit à expliquer l'oxydation de l'acide ascorbique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Calcul des fréquences propres des dérivés halogénés des carbures aliphatiques saturés normaux*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous étudions les dérivés halogénés de formule générale



$$CH^3—CH^2—\ldots—CH^2—X \quad \text{et} \quad X—CH^2—CH^2—\ldots—CH^2—X.$$

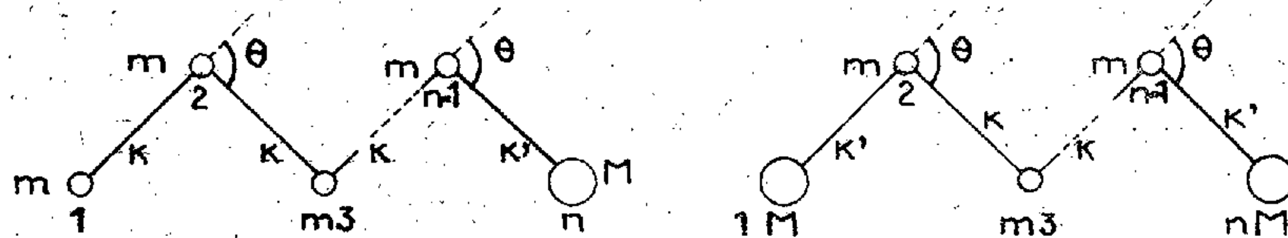
Pour calculer leurs fréquences propres de vibration, nous nous référons aux modèles mécaniques coudés plans figurés ci-contre où tous les radicaux hydrogénés sont supposés de même masse m; nous désignons d'autre part par M la masse de l'halogène, par k la constante de liaison entre masses égales et par k' celle relative à la liaison $m — M$; tous les angles de valence sont supposés identiques et θ désigne leur valeur commune que nous prendrons dans tous les cas égale à $70°30'$.

Les équations du mouvement s'écrivent de la manière habituelle ([1]) en

([5]) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 43.
([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 941.
([7]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 730.
On trouve dans ces notes la bibliographie des travaux antérieurs.

([1]) *Journal de Physique*, 2, 1941, p. 58.

fonction des variations de longueur l_i des liaisons et en considérant l'énergie potentielle comme provenant uniquement de ces variations, la contribution, d'ailleurs faible, due à la déformation des angles de valence étant négligée.



En cherchant des solutions de la forme $l_i = \lambda_i \cos\omega t$ et en faisant le changement de variable

$$(1) \qquad x = -\frac{2k - m\omega^2}{k\cos\theta},$$

la détermination des fréquences propres se ramène à résoudre, pour un modèle à n masses, une équation en x de degré n, de la forme (2) pour les monohalogénés et de la forme (3) pour les dihalogénés,

$$(2) \quad \begin{vmatrix} x & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & x & \frac{k'}{k} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & \alpha \end{vmatrix} = 0, \qquad (3) \quad \begin{vmatrix} \alpha & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \frac{k'}{k} & x & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & x & \frac{k'}{k} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & \alpha \end{vmatrix} = 0,$$

avec

$$\alpha = \frac{2 + x\cos\theta - \frac{k'}{k}\left(1 + \frac{m}{M}\right)}{\cos\theta}.$$

Dans ces équations tous les paramètres, sauf k'/k, sont connus.

Nous nous sommes proposé, en premier lieu, de déterminer k'/k, puis de calculer les fréquences propres des composés envisagés au moyen de la relation, tirée de (1) :

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2k}{m}}\sqrt{1 + \frac{x}{2}\cos\theta} = \nu_0\sqrt{1 + \frac{x}{2}\cos\theta}.$$

Ceci nous a conduit à préciser, pour chaque halogène, la valeur de ν_0, fréquence propre fictive de vibration d'un couple isolé de particules m.

1. *Détermination de k'/k.* — L'examen des spectres d'absorption infrarouge et des spectres Raman des composés étudiés montre que, pour un même halogène, les deux types de molécules possèdent toujours une fréquence commune (à quelques cm^{-1} près) et que la valeur de cette dernière est à peu près indépendante de la longueur des chaînes.

Pour le chlore, elle ressort à 650 cm^{-1}, pour le brome et l'iode respectivement à 550 et 500 cm^{-1}.

Nous avons alors déterminé, pour chaque halogène, par approximations successives, la valeur de k'/k de façon que toutes les équations (2) et (3) aient

au moins une racine très voisine; nous avons trouvé ainsi

Halogène.........	Cl.	Br.	I.
k'/k.............	0,62	0,4	0,3

2. *Détermination de* ν_0. — Pour un halogène donné, connaissant pour chaque molécule la racine commune en x et la valeur moyenne de la fréquence propre commune observée, nous avons calculé ν_0; il vient ainsi (en cm^{-1})

Halogène.........	Cl.	Br.	I.
ν_0................	1010	1160	1270

3. *Résultats.* — Les tableaux suivants permettent de comparer les valeurs des fréquences propres que nous avons calculées à partir des valeurs indiquées de ν_0 et k'/k, avec les données expérimentales ([1]). L'accord est satisfaisant.

Composé.		Fréquence (cm^{-1}).							
$Cl-CH^2-CH^2-CH^2-Cl$..	ν calc.....		1080		940		658	638	
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).		–		965		–	639	
	$\nu_{ex.}$ (R.)...		1091		962		650	638	
$Cl-CH^2-CH^2-Cl$........	ν calc.....			1010			660		618
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).			999			653		–
	$\nu_{ex.}$ (R.)...			–			652		–
$CH^3-CH^2-CH^2-CH^2-Cl$.	ν calc.....	1120		1020		890	648		
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).	–		1040		–	654		
	$\nu_{ex.}$ (R.)...	1107		1053		898	650		
$CH^3-CH^2-CH^2-Cl$......	ν calc.....		1090		935		642		
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).		1085		954		648		
	$\nu_{ex.}$ (R.)...		–		–		647		
$Br-CH^2-CH^2-CH^2-Br$..	ν calc.....		1240		1125		549		417
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).		–		–		551		–
	$\nu_{ex.}$ (R.)...		1236		1117		550		421
$Br-CH^2-CH^2-Br$.......	ν calc.....			1168			560	530	
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).			–			552	–	
	$\nu_{ex.}$ (R.)...			1178			557	–	
$CH^3-CH^2-CH^2-CH^2-Br$.	ν calc.....	1430		1160		1021	548		
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).	1436		–		996	563		
	$\nu_{ex.}$ (R.)...	1440		1139		–	557		
$CH^3-CH^2-CH^2-Br$......	ν calc.....		1250		1070		542		
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).		1240		1080		563		
	$\nu_{ex.}$ (R.)...		–		–		565		
$I-CH^2-CH^2-CH^2-I$.....	ν calc.....	1360		1170		496		254	
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).	–		1162		485		–	
	$\nu_{ex.}$ (R.)...	–		–		500		–	
$I-CH^2-CH^2-I$..........	ν calc.....		1282		525	492			
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).		–		–	512			
	$\nu_{ex.}$ (R.)...		–		–	–			
$CH^3-CH^2-CH^2-I$.......	ν calc.....	1300		1160		494			
	$\nu_{ex.}$ (I. R.).	–		1175		507			
	$\nu_{ex.}$ (R.)...	1280		1180		505			

([1]) LAMBERT et LECOMTE, *Annales de Physique*, 10, 1938, p. 503.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la prédominance des particules chargées positivement dans le spectre du rayonnement cosmique.* Note [1] de MM. **L. Leprince-Ringuet**, **E. Nageotte** et **M. Lhéritier**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le spectre d'énergie des particules du rayonnement cosmique, généralement observé au niveau de la mer au moyen d'une chambre à détente et d'un puissant champ magnétique [2], [3], [4], [5], [6], [7], indique la présence de particules des deux signes en proportion à peu près égale. Nous avons [L. Leprince-Ringuet et J. Crussard [5]] signalé en 1937 une légère prédominance des particules positives dans le rayonnement dur, mais nos mesures étaient trop peu nombreuses pour donner autre chose qu'une simple indication. Un spectre d'énergie, établi par Blackett [4] sur l'ensemble du rayonnement, n'a pas confirmé cette indication, la légère prédominance de positifs trouvée par lui (53 % de positifs) pouvant être due à un effet de fluctuations. En 1939 et 1940, le travail de Jones [6], prolongé par celui de D. J. Hugues [7], a confirmé au contraire la prédominance des positifs, leur proportion par rapport aux négatifs étant trouvée de 1,3, répartie également sur tout le spectre et affectant le groupe dur et le rayonnement total. Tout récemment, un travail de C. Bernardini [8], effectué par une méthode intéressante, mais moins directe que celle habituellement employée, a confirmé l'excès de positifs.

Étant donnée l'importance de la question, nous avons repris la mesure du spectre d'énergie à l'altitude de 1000^{m} au-dessus du niveau de la mer. La grande dimension verticale de notre chambre (75^{cm}) nous permettait d'obtenir de bonnes mesures de courbure jusqu'aux grandes énergies sans être obligés de pousser le champ magnétique à des valeurs élevées, opération qui risque de provoquer d'accidentelles déformations de trajectoires.

Sur plusieurs milliers de clichés, nous en avons retenu 1400, sur lesquels la trajectoire est visible sur toute la hauteur de la chambre. Ces clichés ont été pris en déclenchant la chambre par deux compteurs situés l'un au-dessus, l'autre au-dessous, le champ étant maintenu à environ 4000 gauss.

---

(1) Séance du 9 mars 1942.

(2) P. Kunze, *Zeits. f. Physik*, 80, 1933, p. 559.

(3) C. D. Anderson et S. H. Neddermeyer, *Int. Conf. on Physics*, London, 1934.

(4) P. M. S. Blackett et R. B. Brode, *Proc. Royal. Soc.*, A, 153, 1936, p. 573; P. M. S. Blackett, *Proc. Royal. Soc.*, A, 159, 1937, p. 1.

(5) L. Leprince-Ringuet et J. Crussard, *Journ. de Physique*, 8, 1937, p. 207.

(6) H. Jones, *Rev. of Modern Physics*, 11, 1939, p. 235.

(7) *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 592.

(8) *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 535.

La moitié des résultats se rapporte à des rayons filtrés par 12^{cm} de plomb (groupe dur), l'autre moité à des rayons non filtrés (ensemble du spectre). Toutes les précautions habituelles ont été prises pour connaître ou éviter les déformations de trajectoires : les rayons, fréquemment photographiés en l'absence de champ magnétique, n'ont jamais donné de courbure naturelle supérieure à celle d'électrons de 10 milliards d'électronvolts. Le champ a d'autre part été inversé au cours des expériences et d'égales quantités de clichés ont été prises avec chaque sens du champ, donnant des résultats identiques. La mesure des courbures s'effectuait par restitution de la trajectoire en vraie grandeur, avec un objectif identique à l'objectif utilisé pour photographier; d'ailleurs les déformations des trajectoires dues à l'imperfection de l'objectif ont toujours été négligeables dans nos expériences, puisque nous avons travaillé avec des chambres hautes et étroites, obligeant le rayon à passer près du centre de la photo.

Les résultats pour le groupe dur sont représentés sur les courbes ci-contre (*fig.* 1). Nous avons adopté le mode de représentation par courbes intégrales, ce qui évite d'être tenté de donner trop d'importance aux irrégularités de la courbe; l'écart probable est indiqué en différents points.

Nous avons dessiné (*fig.* 2) la courbe différentielle correspondant à la totalité

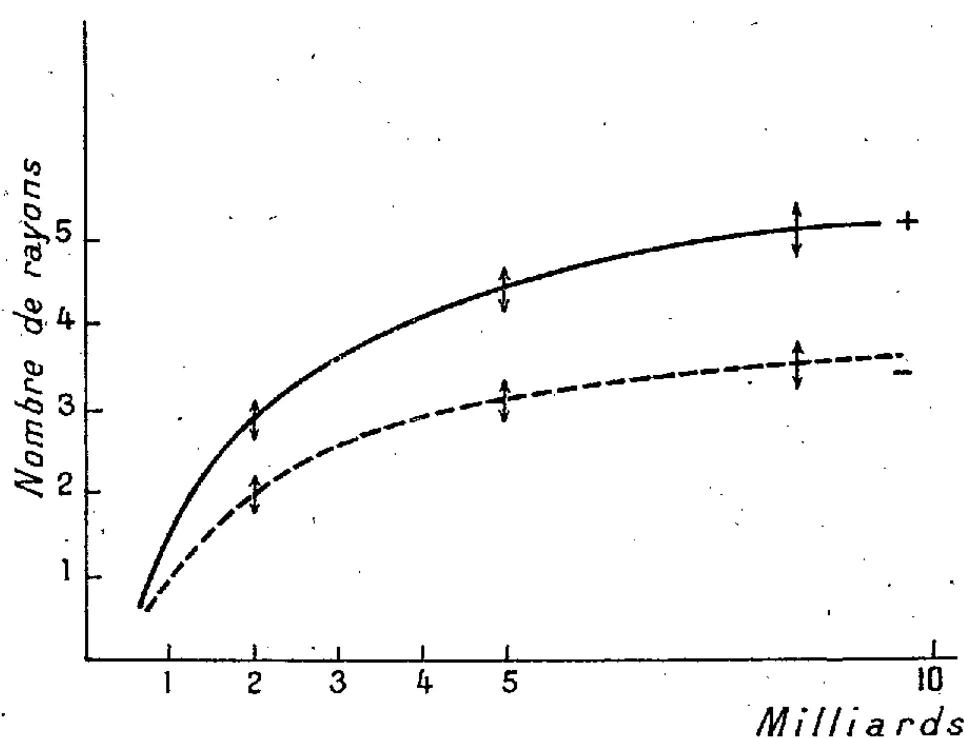


Fig. 1. — Spectre intégral du rayonnement dur.

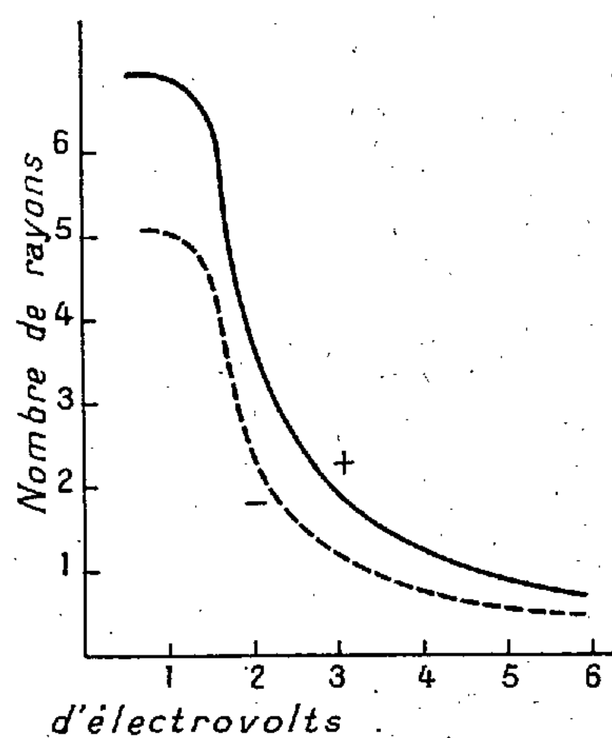


Fig. 2. — Spectre différentiel du rayonnement.

des rayons mesurés (le groupe dur y intervient en majorité). Cette courbe montre, mieux que la courbe intégrale, la proportion des rayons de chaque énergie. On voit un maximum entre 1 et $1,5.10^9$ eV. Il y a peut-être un autre maximun à $0,5.10^9$ eV, mais il est difficile de le savoir, à cause de l'effet du champ magnétique sur les rayons avant leur passage dans la chambre.

Il apparaît que la prédominance des particules positives n'est pas douteuse, au moins pour le groupe dur : le rapport des positives aux négatives est de l'ordre de 1,35 et oscille pour les diverses énergies autour de cette valeur. Ce

résultat confirme l'indication de l'effet donné par nous en 1937 et dépasse légèrement la valeur numérique précisée par Jones et Hugues. Nous ne pensons pas qu'il nous soit possible, malgré la bonne précision des mesures, de tirer de ces courbes des conclusions plus détaillées, notamment au sujet du groupe mou.

On doit se demander quelle est la cause de l'excès des positifs. Si l'on admet que les mésotons sont créés par paires ou par phénomènes de matérialisation, et que leurs propriétés d'absorption par la matière ne dépendent pas de leur signe, il faut alors expliquer la présence, en plus des paires de mésotons, de rayons ionisants positifs (qui pourraient être de même nature) en proportion de 3 ou 4 pour 20 mésotons de paires.

Or une théorie actuellement en faveur (Johnson, Swann, Schein, Carlson etc.) envisage qu'un rayonnement primaire unique de protons donne naissance au groupe dur, et, par l'intermédiaire de mésotons de ce groupe, au groupe mou; la production des mésotons s'effectuerait par une transformation, dans la haute atmosphère, des protons primaires avec création, par chacun d'eux, d'une multiplicité de n mésotons, n étant de l'ordre de 8. Quel que soit le caractère de cette transformation au sujet de laquelle nous ne possédons que fort peu de données, il faut admettre, si l'on suppose la disparition du proton, l'apparition d'une charge positive en excès pour 8 mésotons créés : la proportion de positifs trouvés dans le groupe dur peut donner un appui à cette théorie.

On pourrait aussi se demander, pour envisager une autre explication, si l'excès des positifs ne consisterait pas en protons. Or il nous apparaît, à la suite de certaines observations, que, tout au moins pour les valeurs des moments cinétiques (300 Hρ) inférieures à $0,5.10^9$ eV, le nombre des protons existant dans le rayonnement cosmique est, compte non tenu des protons lents de quelques millions d'électronvolts, très inférieur à l'excès de positifs constaté. Mais cet argument n'est pas décisif contre la présence de protons de grande énergie, à cause de la rapidité avec laquelle disparaît dans la matière, par le simple fait de son ionisation, un proton dont le moment cinétique (300 Hρ) est inférieur à $0,5.10^9$ eV.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur les transformations moléculaires accompagnant l'effet Szilard.* Note (1) de M. **Raymond Daudel**.

Nous avons procédé à une étude systématique de l'effet Szilard et Chalmers chez les anions des oxacides dérivant des éléments des 15e, 16e et 17e colonnes du tableau de Mendéléeff à 18 colonnes.

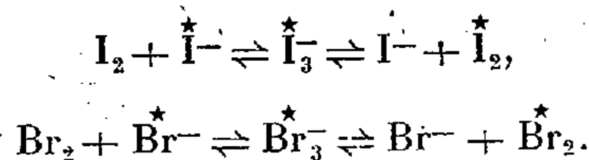
Nous avons surtout porté notre attention sur les anions correspondant à la covalence théorique supérieure de l'élément, c'est-à-dire celle donnée par la

(1) Séance du 23 février 1942.

formule $p - 2k$ (où k est le plus petit entier positif répondant à l'inégalité $k \geq p - n^2$, p étant le nombre de négatons de la couche superficielle de l'élément et n le nombre quantique principal de cette couche).

Les anions ClO_4^-, IO_4^-, SeO_4^{-2}, TeO_4^{-2}, AsO_4^{-3}, SbO_4^{-3} sous forme de sels ont été soumis à l'action des neutrons thermiques et l'état dans lequel se trouvent les atomes actifs après dissolution dans l'eau a été étudié.

I. *Résultats expérimentaux.* — L'activité créée dans les anions halogénés suit aussi bien l'halogène que l'halogénure, et elle se partage en deux quantités équivalentes quand on fait l'entraînement en présence d'un mélange de l'halogénure et de l'halogène à cause des réactions d'échanges bien connues qui se produisent dans ces cas :



$$I_2 + \overset{\star}{I}^- \rightleftharpoons \overset{\star}{I}_3^- \rightleftharpoons I^- + \overset{\star}{I}_2,$$

$$Br_2 + \overset{\star}{Br}^- \rightleftharpoons \overset{\star}{Br}_3^- \rightleftharpoons Br^- + \overset{\star}{Br}_2.$$

Il est donc assez difficile de savoir à quel état se trouve cette activité. Mais, par analogie avec ce qui se produit pour les molécules organiques, nous admettrons que l'activité prend la forme d'ions négatifs [2].

Nous avons montré [3] que, dans le cas du sélénite de sodium, l'activité se trouve en solution aqueuse à l'état de sélénium libre.

Une étude analogue faite sur les séléniates et les tellurates nous permet de penser qu'il se produit dans ces cas respectifs du sélénium et du tellure.

Le cas de l'arsenic est assez particulier.

L'effet Szilard avait déjà été produit à partir de l'acide cacodylique [4]; nous l'avons provoqué sur un arséniate. Après activation celui-ci est dissous dans l'eau. On ajoute une trace d'arsénite de sodium à la solution formée que l'on précipite à l'état de trisulfure dans des conditions où l'arséniate n'est pas altéré. Le précipité obtenu contient environ 50 % de l'activité totale. Ce qui prouve qu'une partie très notable des molécules d'arséniate bombardées se transforment en arsénite.

Nous avons réalisé d'ailleurs de nombreuses expériences confirmant ce fait.

Nous n'avons pu mettre en évidence l'effet Szilard dans le cas des orthoantimoniates. Nous n'avons pas non plus observé d'échanges entre les ortho et les thioantimoniates. Si donc les molécules correspondantes sont rompues au moment de l'émission des photons, il faut penser que l'antimoine s'échappe à l'état d'ion Sb^{+5} et reforme l'orthoantimoniate par réaction sur les ions O^{-2} de l'eau.

---

[2] O. Erbacher et K. Philipp, *Ber. D. chem. Ges.*, 69, 1936, pp. 893 à 898.

[3] R. Daudel, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 479.

[4] Amaldi, d'Agostino, Fermi, Pontecorvo, Rasetti et Segré, *Proceedings of the Royal Society*, 149, 1935, pp. 522-558.

Élément.	Nombre caractéristique k.	Électrovalence initiale.	Électrovalence finale.
Cl..................	o	+7	—1
I..................	o	+7	—1
Se..................	o	+6	o
Te..................	o	+6	o
As..................	o	+5	+3
Sb..................	o	+5	+5

II. *Interprétation.* — On peut considérer que, dans les ions ClO_4^-, IO_4^-, SeO_4^{-2}, TeO_4^{-2}, AsO_4^{-3}, SbO_4^{-3}, les éléments autres que l'oxygène se trouvent respectivement aux électrovalences + 7, + 6 et + 5 correspondant aux covalences 7, 6 et 5. (La différence entre une liaison homopolaire et une liaison hétéropolaire n'étant pas absolument nette.)

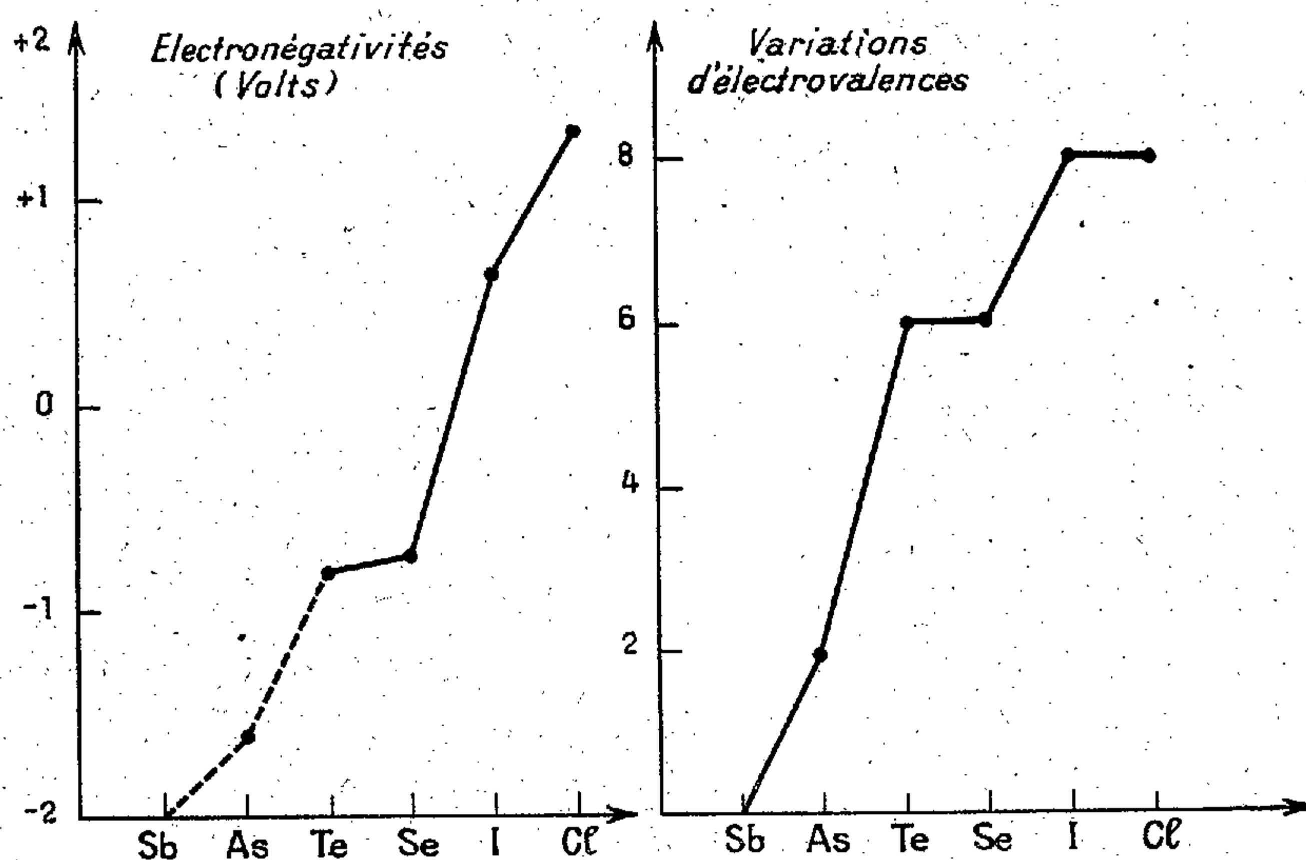
Il est alors naturel de penser qu'au moment de la perturbation radioactive l'élément possède une notable probabilité de sortir sous forme du cation simple correspondant à cette électrovalence positive. Il évolue ensuite conformément à ses tendances au sein du milieu ambiant.

On conçoit donc que son électrovalence varie d'autant plus que

1° son électropositivité initiale est plus faible;

2° qu'il peut passer à une électrovalence plus électronégative.

Le tableau et les courbes suivantes montrent qu'il en est bien ainsi.



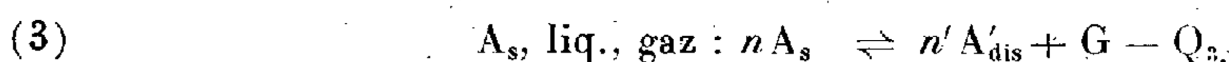
ÉQUILIBRES CHIMIQUES. — *Sur l'évolution singulière de la pression d'équilibre de certains systèmes monovariants.* Note de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Paul Lebeau.

J'ai montré ([1]) combien les phénomènes de miscibilité modifiaient de façon profonde les conditions d'équilibre des systèmes chimiques. En

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1359; *Ann. de Chim.*, 9, 1938, p. 139.

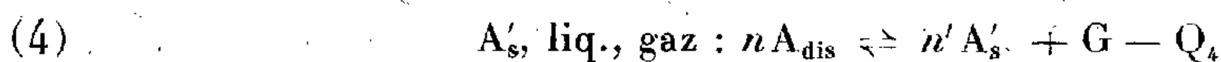
particulier, la dissociation d'un composé miscible avec ses produits de décomposition a un aspect totalement différent de celui que présente un équilibre chimique où tous les constituants condensés sont des corps purs. Ceci m'a conduit à examiner la façon dont s'effectue le passage de la dissociation monovariante d'un solide A en un autre A′ ne donnant pas de solutions solides avec le premier (1), à la dissociation bivariante de ce même corps A fondu et formant avec A′ une solution homogène (2).

A partir du moment où la température d'eutexie est dépassée, le système en question est bivariant pour tous les points figuratifs situés entre les deux branches du liquidus; mais il reste monovariant pour tous les autres. La pression d'équilibre des deux systèmes



(3) A_s, liq., gaz : $n A_s \rightleftharpoons n' A'_{dis} + G - Q_3$

et



(4) A'_s, liq., gaz : $n A_{dis} \rightleftharpoons n' A'_s + G - Q_4$

demeure donc fonction de la température seule; mais, ainsi que nous allons le voir, la façon dont varie cette pression d'équilibre avec la température n'a rien de commun avec la loi de variation de la pression d'équilibre des systèmes monovariants habituels, tels que (1). C'est ainsi que la tension d'équilibre du système (4) décroît lorsque la température s'élève.

La pression d'équilibre des systèmes (3) et (4) est indépendante de la quantité de solide présent; on peut donc, à température constante, dissocier la totalité du solide sans modifier les conditions de l'équilibre. La pression d'équilibre du système entièrement liquide (2) étant donnée, en fonction du titre τ du corps A dans le liquide mixte supposé idéal, par l'équation

(5) $$\log p = \log K + n \log\tau - n' \log(1 - \tau),$$

nous obtiendrons la relation entre p et T pour les deux systèmes en question en remplaçant, dans (5), τ par sa valeur en fonction de T, pour chacune des deux branches du liquidus.

Désignons respectivement par L, L′, θ et θ' les chaleurs et les températures de fusion de A et de A′; la solution A, A′ étant idéale, les courbes de solubilité satisfont à la relation

$$\frac{L}{T} dT = RT\, d\log\tau,$$

d'où

$$\tau_3 = e^{\frac{-L}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{\theta}\right)} \quad \text{et} \quad \tau_4 = 1 - e^{\frac{-L'}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{\theta'}\right)}.$$

On en déduit, pour les pressions d'équilibre correspondantes p_3 et p_4,

(6) $$\log p_3 = \frac{-Q_3}{RT} - n' \log\left[1 - e^{\frac{-L}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{\theta}\right)}\right] + C_3,$$

(7) $$\log p_4 = \frac{-Q_4}{RT} + n \log\left[1 - e^{\frac{-L'}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{\theta'}\right)}\right] + C_4.$$

La discussion de ces équations montre que, la température s'élevant, la pression d'équilibre p_4 commence par croître, mais plus lentement que ne le voudrait le terme $-Q_4/RT$ seul, passe par un maximum, puis décroît, d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement, pour finir par devenir nulle pour $T = \theta'$, point où la courbe p, T a une tangente horizontale. Tout au contraire, la pression p_3 augmente constamment lorsque la température s'élève, et toujours plus vite que ne le voudrait le terme $-Q_3/RT$ seul; au voisinage du point de fusion θ de A, l'augmentation de la pression devient extrêmement rapide et la tension de dissociation de A tend à devenir infinie pour $T = \theta$.

En réalité, de même que la plupart des formules de thermodynamique chimique, les relations (5), (6) et (7) ne sont plus valables lorsque la masse de l'un des corps purs en présence devient infiniment petite ($\tau = 0$ ou 1), ce qui exclut la possibilité de donner à T les valeurs θ ou θ'. Cependant, ce que l'on sait des propriétés générales des solutions permet d'être assuré que ces formules demeurent utilisables jusqu'à des concentrations relativement très faibles, de l'ordre de 1 pour 1000 par exemple. Or il est facile de reconnaître que, pour de telles valeurs de τ, l'augmentation de la pression d'équilibre est déjà extrêmement importante, si bien que cette limitation de validité des équations (6) et (7) ne saurait infirmer les conclusions précédentes.

Pratiquement, la courbe p, T du système (4) ayant une tangente horizontale au point de fusion de A', la pression p_4 tend à devenir nulle avant que T ne soit égal à θ', c'est-à-dire dans une région où la formule (7) est encore valable : la pression d'équilibre au point de fusion de A' sera donc toujours très faible. Au contraire, la valeur de la tension d'équilibre du système (3), au point de fusion de A, dépendra beaucoup de la grandeur de la constante d'équilibre. Si le corps A se dissocie déjà nettement au-dessous de la température d'eutexie, la tension de dissociation P_3 de ce corps, à son point de fusion, sera effectivement très élevée et pourra atteindre des milliers d'atmosphères. Si, au contraire, la constante de dissociation est très faible, si faible même que, à l'état solide, aucune dissociation n'ait jamais été mise en évidence, la tension de dissociation au point de fusion de A ne saurait évidemment être très élevée en valeur absolue. Elle n'en sera pas moins extrêmement grande, relativement à sa valeur au-dessus du point d'eutexie, et pourra de ce fait devenir appréciable. C'est la raison pour laquelle un grand nombre de corps se décomposent juste au moment où ils fondent.

Les relations que nous venons d'établir rendent compte, de façon satisfaisante, des faits expérimentaux relatifs à la dissociation des oxydes de cuivre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption, dans l'ultraviolet, de quelques cyanures à l'état solide.* Note de M. **Fernand Gallais**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les différences qui existent entre les propriétés chimiques de certains cyanures, tels le cyanure d'argent et les cyanures alcalins, posent un problème de structure qui est classique (1). Elles nous ont incité à comparer les spectres d'absorption de ces cyanures dans l'ultraviolet. Les cyanures d'argent et de cuivre étant insolubles dans l'eau et dans les solvants organiques chimiquement inertes, nous avons eu recours, pour tous les sels examinés, à la détermination des spectres d'absorption par réflexion sur des poudres fines. La méthode utilisée est celle qui a été décrite par Mme Guilmart et M. Freymann (2).

Nous avons ainsi étudié les cyanures de potassium, de mercure-II, d'argent et de cuivre-I.

Les sels de potassium et de mercure ont été purifiés par cristallisation, les sels d'argent et de cuivre ont été préparés respectivement en faisant agir une solution de cyanure de potassium sur des solutions de nitrate d'argent à froid et de sulfate de cuivre à 100°.

Analyses. — 1° Cyanure de potassium. Substance 0g,09115 (volumétrique); CNAg 0g,1868; CN % trouvé 39,83, calculé 39,94.

2° Cyanure de mercure-II. Substance 0g,2499, Hg 0g,1966; Hg % trouvé 78,67, calculé 79,40.

3° Cyanure d'argent. Substance 0g,3114, Ag 0g,2509; Ag % trouvé 80,57, calculé 80,58.

4° Cyanure de cuivre-I. Substance 0g,2540, OCu 0g,2233; Cu % trouvé 70,23, calculé 70,96.

Les spectres obtenus sont groupés dans la figure 1 qui représente, pour chaque substance, les variations du rapport I_0/I_e de l'intensité incidente à l'intensité réfléchie. Ces spectres, on le voit, sont fort différents.

On ne pouvait s'attendre à les trouver tout à fait semblables. A l'état solide, les résonateurs sont si rapprochés que leur influence mutuelle n'est pas négligeable. On sait que le remplacement d'un cation par un autre apporte certaines modifications au spectre de vibration caractéristique d'un anion; il doit en être de même pour les spectres d'absorption dans le visible et l'ultraviolet, et c'est bien ce que montrent, par exemple, les déterminations récentes de A. Berton (3) sur les nitrates cristallisés. La bande d'absorption caractéristique de l'ion nitrique n'a ni la même forme, ni la même position dans les différents nitrates. Si l'on s'en tient aux nitrates de métaux monovalents, cependant, le remplacement d'un alcalin par un métal lourd comme l'argent a surtout pour effet de provoquer un décalage du spectre d'environ 200 Å vers le visible.

De même, dans la série des platichlorures, les sels de potassium et d'argent

(1) Cf. par exemple, P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 5, p. 262.
(2) Mme T. Guilmart et R. Freymann, *Rev. Opt.*, 17, 1938, p. 199.
(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 653.

que nous avons choisis pour leur constitution non équivoque et pour leurs propriétés très voisines, conservent dans l'ultraviolet la différence de couleur qu'ils présentent déjà dans le visible (*fig.* 2).

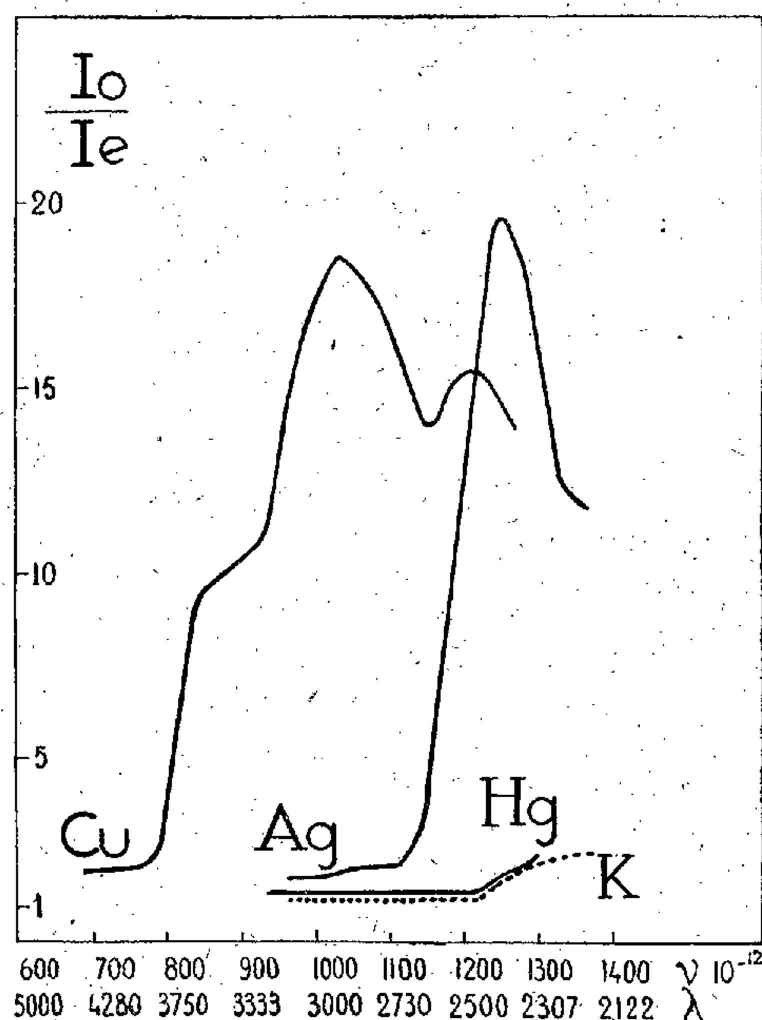


Fig. 1. — Cyanures.
(K, Hg-II, Ag., Cu-I.)

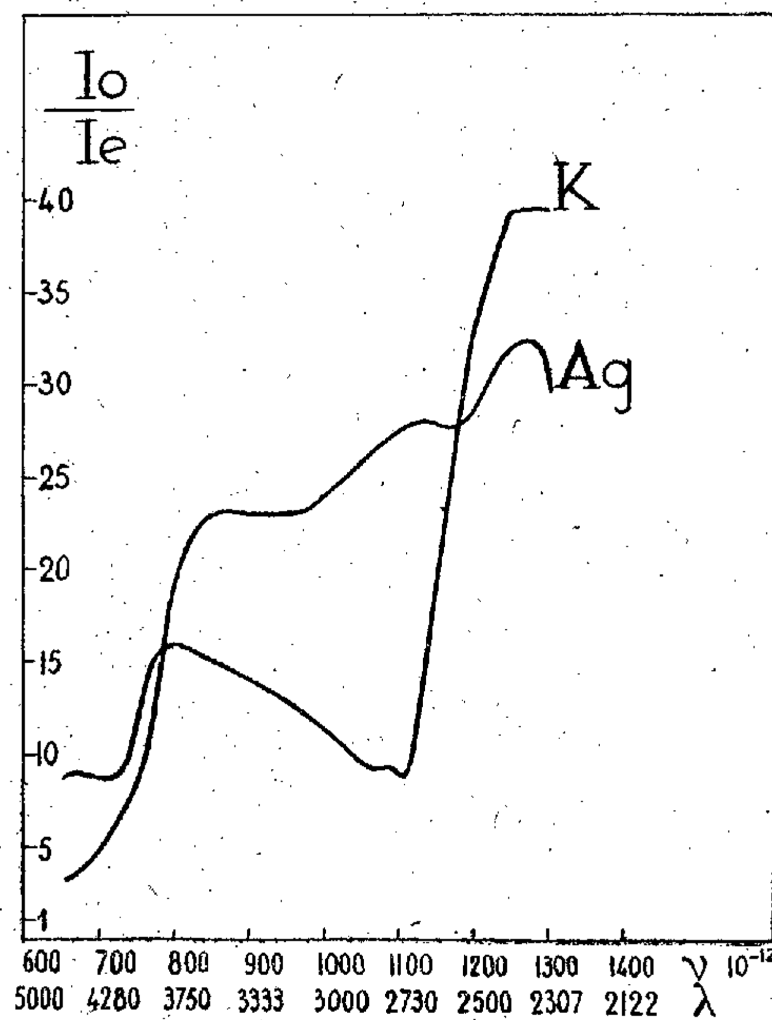


Fig. 2. — Platichlorures.
(K, Ag.)

Le sel de potassium a, en particulier, autour de 3000 Å, une région de transparence relative qui fait défaut au sel d'argent. Mais ils ont, l'un à 3750 Å et à 2400 Å, l'autre à 3530 Å et à 2350 Å, chacun une bande d'absorption et un palier caractéristiques de l'anion platichlorhydrique (⁴), et leurs spectres restent comparables.

Il en va tout autrement pour les cyanures. Les spectres du cyanure d'argent et du cyanure cuivreux, qui présentent une certaine analogie, s'écartent tout à fait de celui du cyanure de potassium et de celui du cyanure de mercure qui sont presque confondus. Alors que ces derniers sont pratiquement transparents jusqu'à 2450 Å, les deux premiers ont un véritable spectre de bandes et l'absorption atteint 95 %.

Il semble bien que le remplacement du potassium par l'argent ou le cuivre ne suffise pas à l'expliquer et qu'ainsi se trouve mise en évidence une différence de constitution en faveur de laquelle on ne pouvait invoquer, jusqu'à présent, que des considérations d'ordre chimique.

(⁴) Ces accidents se retrouvent, en effet, sur le spectre du sel de sodium dissous dans l'eau : palier à 3690 Å, bande à 2610 Å (ce spectre a d'ailleurs tout à fait la même allure que celui du sel d'argent solide).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Phénomènes observés lors du chargement en hydrogène du fer monocristallin et polycristallin.* Note de MM. **Léon Moreau**, **Georges Chaudron** et **Albert Portevin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons préparé des monocristaux de fer de quelques centimètres de côté, donc de dimensions suffisantes pour faire des essais mécaniques. On opérait de la façon suivante, indiquée par Edwards et Pfeil [1] :

On a employé des éprouvettes de fer électrolytique fondu dans le vide et de fer Armco ayant 15^{cm} de longueur totale, 0^{cm},3 d'épaisseur et 2^{cm} de large. Après recuit dans l'hydrogène à 800° pendant 24 heures, les éprouvettes subissaient des allongements de 3,5 % et elles étaient recuites 96 heures à 880°. Comme l'ont observé Edwards et Pfeil, il est souvent difficile d'éviter

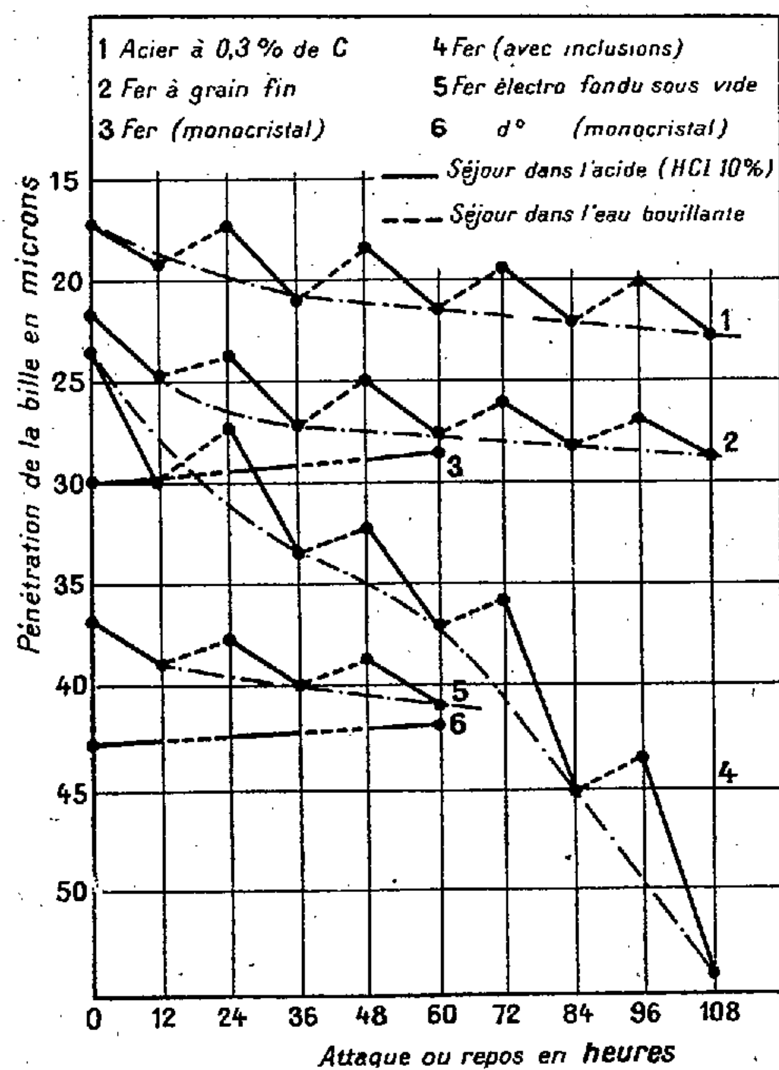


Fig. 1.

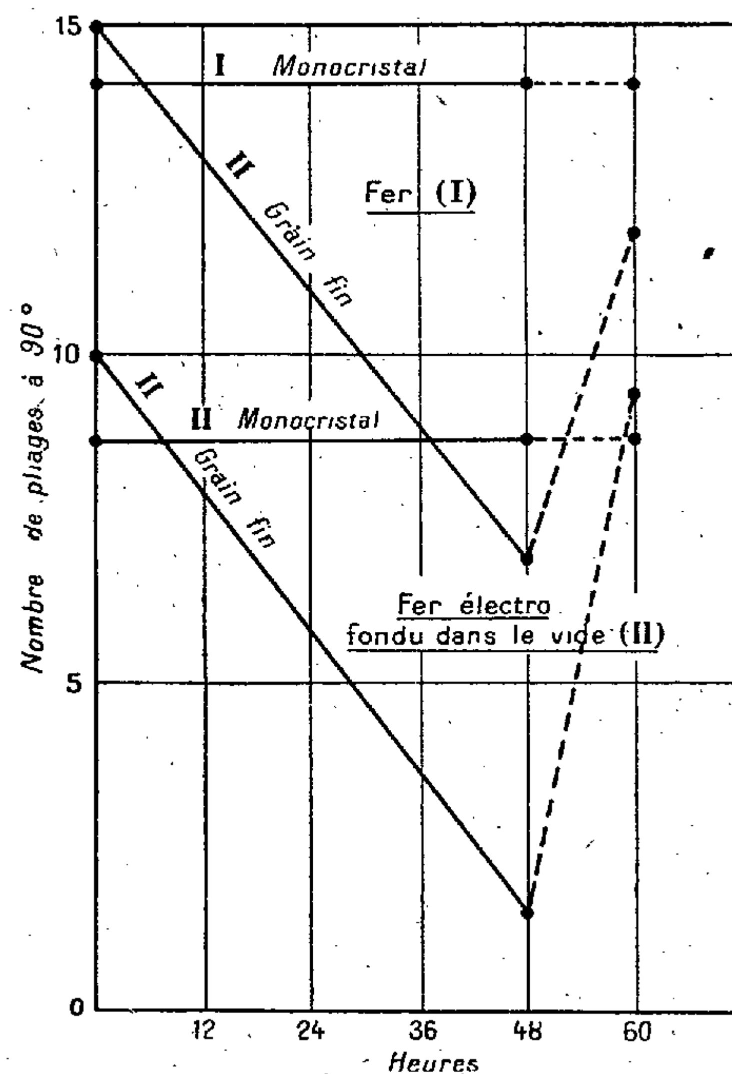


Fig. 1 *bis*.

la formation superficielle d'une couche de très petits cristaux, que nous avons éliminés mécaniquement ou par attaque.

Nous avons suivi les variations de microdureté de ces monocristaux en fonction du temps d'attaque et de la quantité de gaz absorbé par le réseau. On constate que la dureté croît lentement; après 60 heures d'attaque, la quantité de gaz extraite par bombardement ionique est de l'ordre de 20$^{cm^3}$ aux 100^g.

Au contraire, lorsqu'on répète ces mesures sur des échantillons polycris-

(1) *J. Iron Steel Inst.*, **109**, 1924, p. 129.

tallins de ces mêmes métaux, on observe des pénétrations de la bille de plus en plus importantes en fonction du temps d'attaque. Par séjour dans l'eau bouillante on tend à revenir vers la valeur de la pénétration initiale. On obtient ainsi des diagrammes indiqués sur la figure 1. Le dosage des gaz libérés dans le vide, l'examen métallographique (*fig.* 2) montrent dans tous

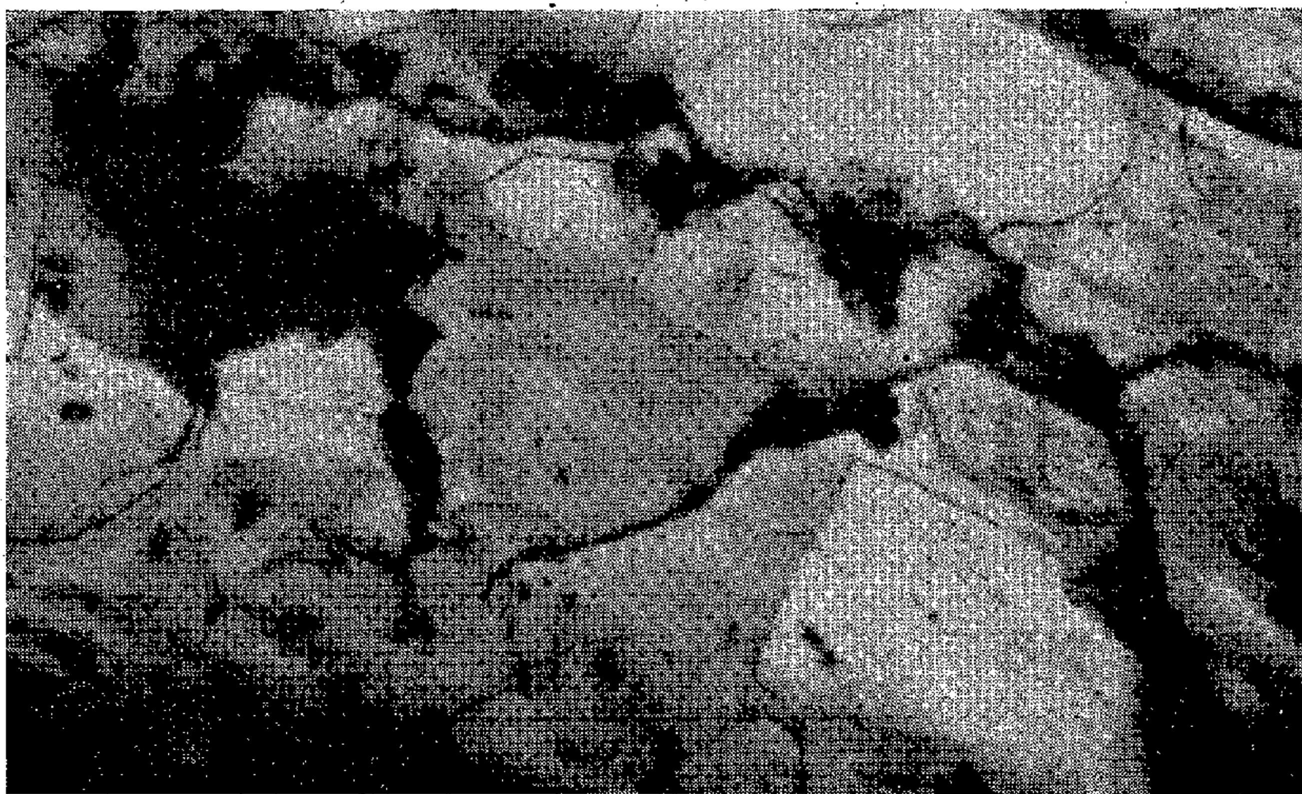


Fig. 2. — Fer après attaque de 12 heures dans ClH 10 %.

ces cas qu'il s'est formé parallèlement à la surface du métal et en général entre la deuxième et la troisième couche de cristaux [2], des poches de gaz. Sur nos plus grands échantillons de monocristaux nous avons fait des essais de pliage après attaque. Comme nous l'indiquons sur les diagrammes de la figure 1 *bis*, le nombre de pliages reste constant. Sur la même figure, nous avons également indiqué les nombres de pliages avec les éprouvettes témoins polycristallines (nous donnons également pour ces dernières éprouvettes la diminution de la fragilité après un séjour de 12 heures dans l'eau bouillante).

Le fer monocristallin ne prend donc pas de fragilité au cours de l'attaque aux acides.

Il ne semblerait pas en être de même si le cristal est attaqué sous une certaine tension mécanique; il paraît alors que le cheminement de l'hydrogène fait apparaître les défauts du réseau ou peut-être sa structure mosaïque. C'est cette étude que nous poursuivons.

---

(2) Le phénomène peut être reproduit après enlèvement mécanique des couches altérées ou d'une épaisseur correspondante de métal sur un échantillon vierge.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction par l'hydrogène gazeux des oxydes de plomb et des oxydes d'argent.* Note [1] de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous publions ici les résultats de travaux entrepris au début de 1939. Ils font suite aux études publiées sur l'anhydride chromique [2] et sur le bioxyde de manganèse [3].

Une masse donnée d'hydrogène, desséché par l'anhydride phosphorique, circulait, en traversant une couche pulvérulente de l'oxyde étudié, dans un appareil comprenant un manomètre permettant l'enregistrement photographique des variations de pression en fonction de la température. Le tube contenant l'oxyde étudié était chauffé par un four électrique dont la température était linéairement croissante en fonction du temps.

Oxydes de plomb (*fig.* 1). — La réduction de PbO^2 (courbe I) débute

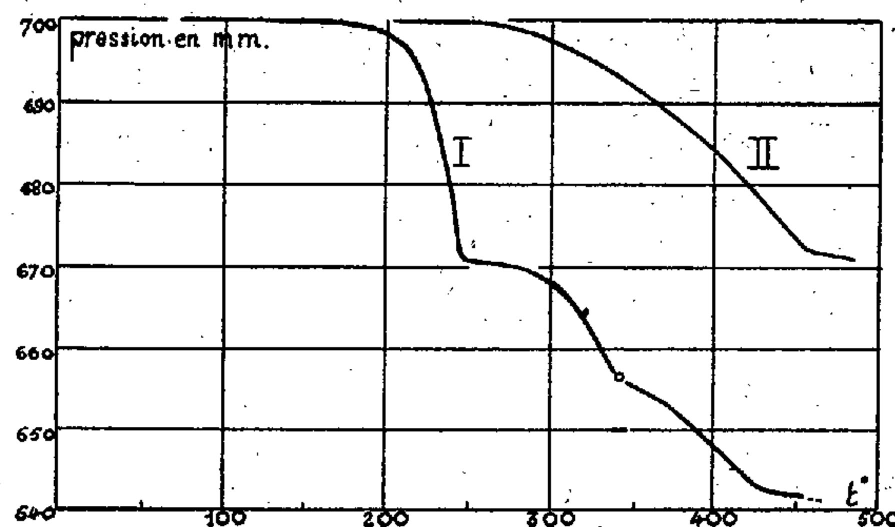


Fig. 1.

lentement vers 175° et devient rapide aux environs de 200° pour donner PbO, lequel se réduit à son tour aux environs de 275°, ce qui est contraire aux résultats publiés par John [4].

Sur la partie de la courbe représentant la réduction de PbO en plomb métallique, on observe un changement de pente vers 340°, qui pourrait correspondre au passage par Pb^2O; il ne nous a pas été possible d'arrêter la réaction à cet oxyde, quoique Sabatier et Espil [5] pensent l'avoir obtenu par réduction. D'après nos expériences, il semble que le sous-oxyde entre en réaction dès sa formation.

---

(1) Séance du 9 mars 1942.
(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 520.
(3) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1018.
(4) *J. Phys. Chem.*, 33, 1929, p. 1438.
(5) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 137.

Nous avons également étudié la réduction de PbO préparé en le précipitant par l'ammoniaque d'une solution de nitrate de plomb et en séparant le précipité à 100°. Le corps ainsi obtenu fournit un dégagement gazeux incompatible avec la formule PbO, ce qui confirmerait une observation ancienne de Calvert ([6]) qui, par ce procédé, a obtenu un corps auquel il attribue la formule Pb, AzH^4O.

La réduction de la litharge jaune est représentée par la courbe II; la réaction débute aussi vers 275°, mais sa vitesse est inférieure à celle de l'oxyde obtenu au cours de la réduction de PbO^2. La réduction de la litharge ne laisse voir aucune trace du passage par Pb^2O.

Oxydes d'argent (*fig.* 2). — L'oxyde employé était obtenu en le précipitant

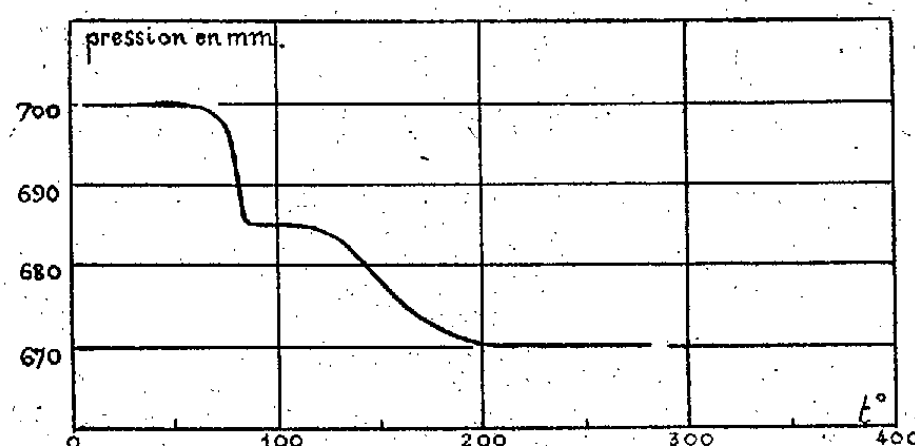


Fig. 2.

par la potasse d'une solution de nitrate d'argent. Ag^2O reste toujours légèrement humide, néanmoins, séché à 85°, il ne contient plus, d'après Host-Madsen ([7]), que 0,13 % d'eau.

La réduction de Ag^2O commence vers 50° et devient extrêmement rapide aux environs de 70°. La température de 100°, anciennement donnée par Wöhler ([8]) pour le début de la réaction, est sans doute erronée. La figure 2 montre très nettement la formation de Ag^4O, qui est lui-même réductible à 125° pour fournir l'argent métallique.

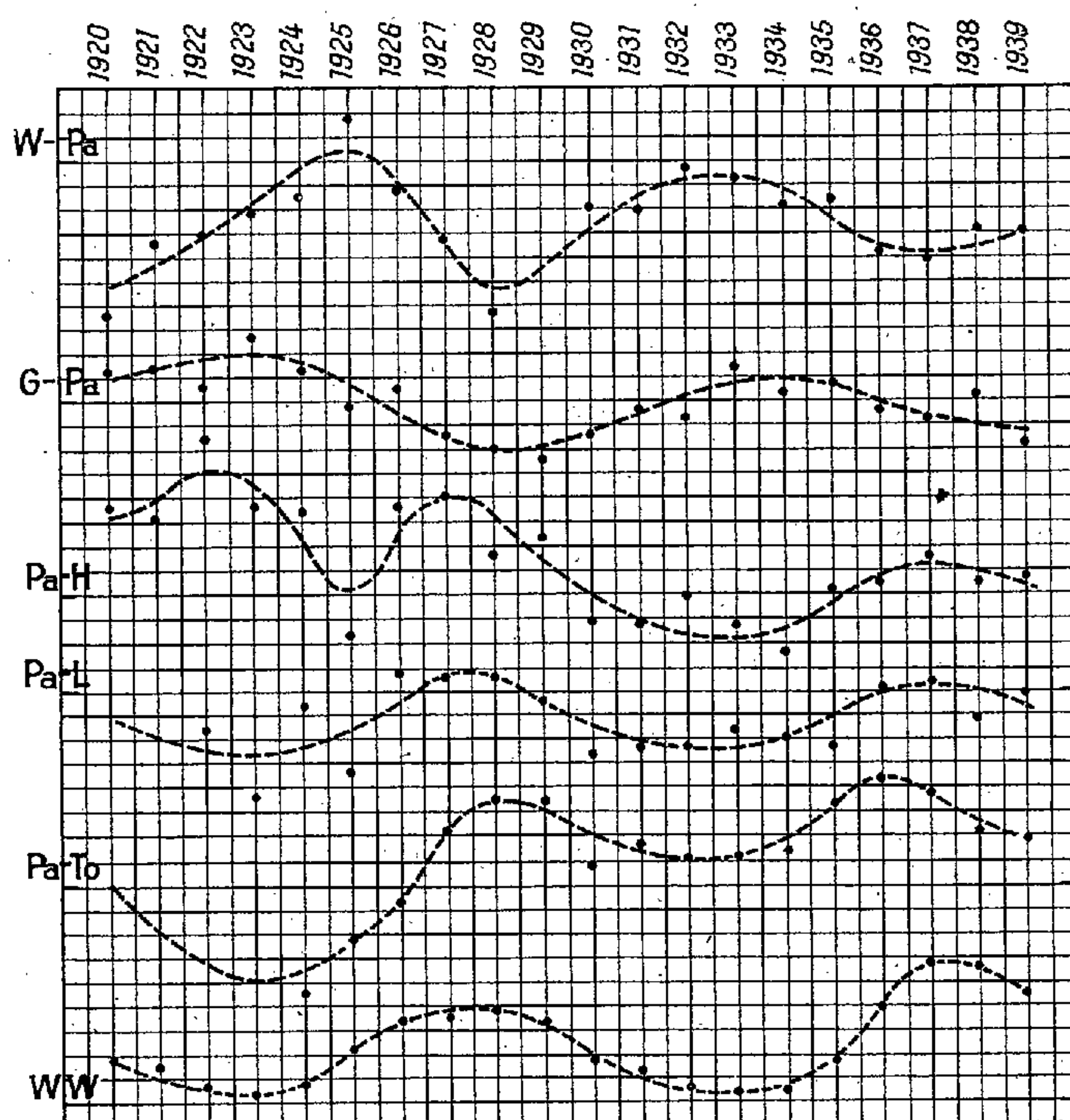
L'apparition du sous-oxyde a déjà été signalée par Glaser ([9]), mais il donne 63° comme température de réduction de Ag^4O, ce qui est incompatible avec la courbe ci-dessus.

Les spectres X de l'oxyde et du sous-oxyde d'argent obtenus par réduction sont identiques. Néanmoins, la netteté de la courbe est telle que la formation de Ag^4O n'est pas douteuse; si l'on arrête l'accroissement de la température vers 100°, le palier correspondant à Ag^4O se prolonge indéfiniment.

([6]) *Comptes rendus*, 22, 1846, p. 480.
([7]) *Z. anorg. Chem.*, 79, 1912, p. 195.
([8]) *Liebig's Ann.*, 30, 1839, p. 4.
([9]) *Z. anorg. Chem.*, 36, 1903, p. 1.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les variations séculaires et périodiques des longitudes*. Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les comparaisons continues des longitudes faites au Bureau international de l'Heure, à l'Observatoire de Paris, depuis 1920, peuvent servir à l'étude des variations séculaires et périodiques des longitudes. Actuellement, nous possédons ces résultats pour un intervalle de 20 ans. Ils ont été calculés en utilisant les différents catalogues d'étoiles fondamentales, Auwers, Boss, Eichelberger, Newcomb. Pour rendre ces résultats comparables entre eux, nous les avons ramenés au système FK3, lequel est utilisé depuis 1940 par les



services horaires. Nous donnons, pour les 20 dernières années, les variations des longitudes de Greenwich (G), de Hambourg (H), de Leningrad et de Poulkovo (L), de Tokyo (To) et de Washington (W) par rapport à Paris (Pa). Elles sont rapportées sur la figure ci-dessus à l'échelle de $0^s,01$ par division du graphique. Nous avons rapporté aussi, sur le même graphique et pour le même intervalle, les nombres relatifs de Wolf-Wolfer (WW) concernant l'activité solaire à l'échelle de 20 unités par division.

On peut supposer, dans l'intervalle 1920-1929, l'existence d'un terme séculaire dans la variation des longitudes, savoir l'éloignement annuel de l'Amérique du Nord de 36^{cm} ($0^s,0011$) et du Japon de 171^{cm} ($0^s,0052$) par rapport à

l'Europe. Pour 1930-1939, on trouve un rapprochement annuel de l'Amérique de 7^{cm} ($0^s,0002$) et un éloignement du Japon de 13^{cm} ($0^s,0004$) par rapport à l'Europe. Dans cet intervalle, l'existence d'un terme séculaire dans la variation des longitudes n'est donc pas réellement décelable.

Au contraire, on remarque l'existence d'une variation périodique assez nette des longitudes. L'amplitude de cette variation, compte tenu de la diminution de l'erreur accidentelle dans la détermination des longitudes, est presque la même pour les deux intervalles considérés (1920-1929, 1930-1939).

En comparant les courbes de variation des longitudes avec la courbe des nombres de Wolf-Wolfer relatifs à l'activité périodique solaire, on remarque que cette courbe, ou son inverse [1], présente des oscillations concordantes avec celles des longitudes. Ce parallélisme est même meilleur pour le deuxième intervalle (pour lequel l'erreur moyenne est plus faible) que pour le premier. La période moyenne de variation des longitudes est de 9,2 ans, celle de l'activité solaire (pour le même intervalle total de 20 ans) de 9,5 ans. En moyenne, aux fortes variations de longitudes correspondent de fortes variations d'activité solaire. Ainsi il semble bien exister une corrélation entre les deux phénomènes.

Nous avons discuté deux hypothèses :

1° pulsations de la Terre, considérée comme un corps élastique;

2° contractions et dilatations de la couche superficielle (déplacement des continents).

Nous avons envisagé deux cas : celui d'un intervalle total de 20 ans en utilisant 5 observatoires et celui d'un intervalle de 8 ans en utilisant 15 observatoires. Nous avons trouvé que la deuxième hypothèse, celle d'un déplacement périodique des Continents, ne corrige en aucun cas les résultats d'observation, tandis que l'hypothèse des pulsations de la Terre les améliore. Des variations moyennes du rayon du parallèle terrestre de 45°, de $2^m,6$ dans le premier cas et de $2^m,1$ dans le second, sont suffisantes pour expliquer les variations périodiques des longitudes.

Ainsi, actuellement, tandis que les variations séculaires des longitudes sont presque inexistantes, ou trop faibles pour être décelées, il semble exister des variations périodiques de longitudes provenant de la pulsation de la Terre, considérée comme un corps élastique et en corrélation étroite avec l'activité solaire.

Remarques au sujet de la Note précédente,
par M. **Ernest Esclangon.**

Depuis vingt ans, nous avons accumulé au *Bureau international de l'Heure,* dont la direction a été confiée à l'Observatoire de Paris par l'Union interna-

---

(1) Car les allongements sur une partie doivent être compensés par des raccourcissements sur d'autres parties.

tionale astronomique, une masse considérable de documents dont la mise en œuvre comporte, dans des voies diverses, des applications à des recherches scientifiques importantes.

La connaissance ultra-précise de l'heure ne présente pas en soi un intérêt exceptionnel, mais elle permet d'aborder des problèmes nouveaux tels que la variation des longitudes, la vitesse des ondes radioélectriques, l'irrégularité de la rotation terrestre etc.

En ce qui concerne les longitudes, l'Observatoire reçoit quotidiennement les signaux horaires radioélectriques de plus de 20 observatoires permanents répartis dans le monde entier et émet lui-même, plusieurs fois par jour, des signaux scientifiques dont la précision horaire dépasse le centième de seconde. Cela revient à dire, en un sens, que chaque jour on peut déterminer ainsi avec une extrême précision la longitude d'une vingtaine de points distribués en diverses régions du globe terrestre. La comparaison systématique de ces déterminations doit donc conduire à la solution du problème de la *variation des longitudes* et par suite à celle du déplacement relatif des Continents.

Ce sont les résultats de cette mise en œuvre, portant actuellement sur les documents accumulés en 20 ans, qui font l'objet de la Note ci-dessus.

Deux points doivent être nettement distingués dans les conclusions :

1° *Il n'existe pas de déplacement notable* progressif et continu (les astronomes disent variation séculaire), du moins pour les latitudes moyennes, entre le Continent américain et l'Europe d'une part, entre l'Europe et le Japon d'autre part.

La moyenne de 20 ans se traduirait en effet par un éloignement annuel de l'Amérique du Nord, par rapport à l'Europe de 15^{cm}, un éloignement du Japon de 90^{cm}. Nous sommes loin des chiffres prévus par la théorie de Wegener, lesquels atteignent des mètres et des dizaines de mètres par an. Ce point paraît désormais éclairci en ce qui concerne les déplacements correspondants aux latitudes moyennes.

2° Les observations paraissent donner d'assez importants *déplacements relatifs et périodiques* pouvant dépasser une dizaine de mètres en amplitude et qui, de plus, seraient en relation avec la période d'activité solaire. La question est ici beaucoup plus délicate.

La liaison de ces variations avec la période solaire est assez surprenante et l'interprétation en reste actuellement sujette à discussion. M. Stoyko les attribue à une déformation périodique de la Terre en rapport avec l'activité solaire, déformation qui aurait pour effet de rendre périodiquement elliptiques les parallèles terrestres. Ceci mérite examen. En admettant quelque action mécanique inconnue, directe ou indirecte, qui se manifesterait non seulement dans le Soleil mais aussi, par réaction, dans notre système planétaire tout entier, il faudrait supposer, puisque la déformation n'est pas symétrique autour de

l'axe terrestre, qu'il y aurait, vis-à-vis de cette action sur notre globe, des directions privilégiées constituées par les axes de dilatation et de compression de cette déformation, de sorte que la constitution du globe serait hétérogène vis-à-vis tout au moins de cette action particulière. Ce n'est pas absolument impossible, mais cela demande vérification. Quant au fait qu'une telle hypothèse permet de corriger les résultats, il ne faut pas perdre de vue qu'elle comporte deux paramètres (amplitude et phase), et que toute hypothèse susceptible d'introduire ainsi une variation sinusoïdale est de nature à permettre des corrections analogues.

Il y a lieu d'envisager aussi une autre hypothèse. Les longitudes sont déterminées par signaux radiotélégraphiques. La vitesse de propagation de ces signaux intervient. Ils ne se propagent d'ailleurs pas en ligne droite et subissent des réflexions successives sur les couches ionisées de la haute atmosphère, lesquelles, dans leur nature et leur altitude, sont en corrélation avec l'activité solaire. C'est ainsi qu'il suffirait d'une variation de quelques millièmes de seconde dans la durée de transmission des signaux d'Europe en Amérique pour produire une apparence de variation de longitude correspondant à un déplacement linéaire supérieur à un mètre. Certes, une telle variation sur une durée totale de transmission qui est de 1/40[e] de seconde est importante, mais il ne faut pas oublier que cette transmission a lieu par réflexions successives sur des couches dont l'altitude peut comporter des variations notables.

L'ensemble des résultats acquis jusqu'ici, et qui d'année en année gagnent en nombre et en précision, indique la nature des recherches à poursuivre; d'abord confirmer sans ambiguïté les relations apparentes ou réelles entre les variations de longitude et la période solaire; étudier systématiquement les variations apparentes ou absolues de la vitesse de propagation des ondes radioélectriques à la surface du globe (peut-être même de celle de la lumière) et leurs relations avec l'activité solaire, sans abandonner à priori tout autre hypothèse vraisemblable et en poursuivre la vérification. Le Bureau de l'Heure a été, depuis 10 ans, l'objet de développements, de transformations, de perfectionnements considérables dans son outillage et son organisation scientifiques, ce qui permettra de rendre d'autant plus faciles et plus efficaces les recherches prévues.

Les courbes de la Note ci-dessus paraissent comporter des variations de longitude qui ne sont pas toutes en rapport direct avec l'éloignement des points terrestres considérés. Il y a donc lieu également d'envisager la possibilité de déplacements relatifs et localisés de la surface terrestre; déplacements en quelque sorte indépendants les uns des autres et qui peuvent comporter, supplémentairement, des variations de niveau.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'analyse des pluies annuelles à Paris.* Note de M. **Vladimir Frolow.**

La série analysée s'étend sur 118 années entre 1921 et 1938. L'écart entre le maximum (831^{mm}) et le minimum (279^{mm}) est de 552^{mm}; cette valeur servira de terme de comparaison aux résultats d'analyse.

La considération du graphique des données montre déjà que des tendances persistantes se sont manifestées tant dans la marche générale croissante ou décroissante du graphique, que dans la répétition des formes dans des intervalles de temps limités (entre 1860 et 1880 en particulier).

L'analyse de cette série a été faite par la méthode de combinaisons linéaires d'ordonnées, due à M. et Mme Labrouste [1]. Les combinaisons multiples employées ont été assez peu sélectives, la somme de leurs indices ne dépasse pas 3,3 fois la période des composantes isolées. Celles-ci restent certainement complexes et leurs graphiques le montrent bien; mais avec la longueur actuelle de la série il n'y a pas lieu de les mieux préciser. Le dessin accompagnant cette Note reproduit les résultats d'analyse et le Tableau suivant donne l'amplitude maximum et l'importance relative de celle-ci pour les différentes composantes.

Période appr. (ans)	32.	17.	9,7.	6.	4.	3.	2.	Reste.	Données.
Ampl. max (mm)	68	81	74	246	194	152	131	117	552
Imp. relative (%)	12,3	14,7	13,5	44,5	35,2	27,5	23,7	21,0	100,0

Il est visible par ce tableau que les composantes de période de quelques années seulement sont les plus importantes, et cela explique la répétition des formes du graphique. Cependant l'importance des composantes longues qui sont contenues dans le reste est considérable, et il s'ensuit la persistance de l'allure générale du graphique des données.

Le reste, obtenu par soustraction de la somme des composantes des données, se développe sur 117^{mm}, mais ses dentelures ne dépassent pas 80^{mm}, soit 15 % de l'écart des données extrêmes, tandis que les dentelures du graphique des données en atteignent 60 %. Ainsi la partie aléatoire des données est assez faible pour justifier ce premier développement de la série en une somme de pseudo-sinusoïdes.

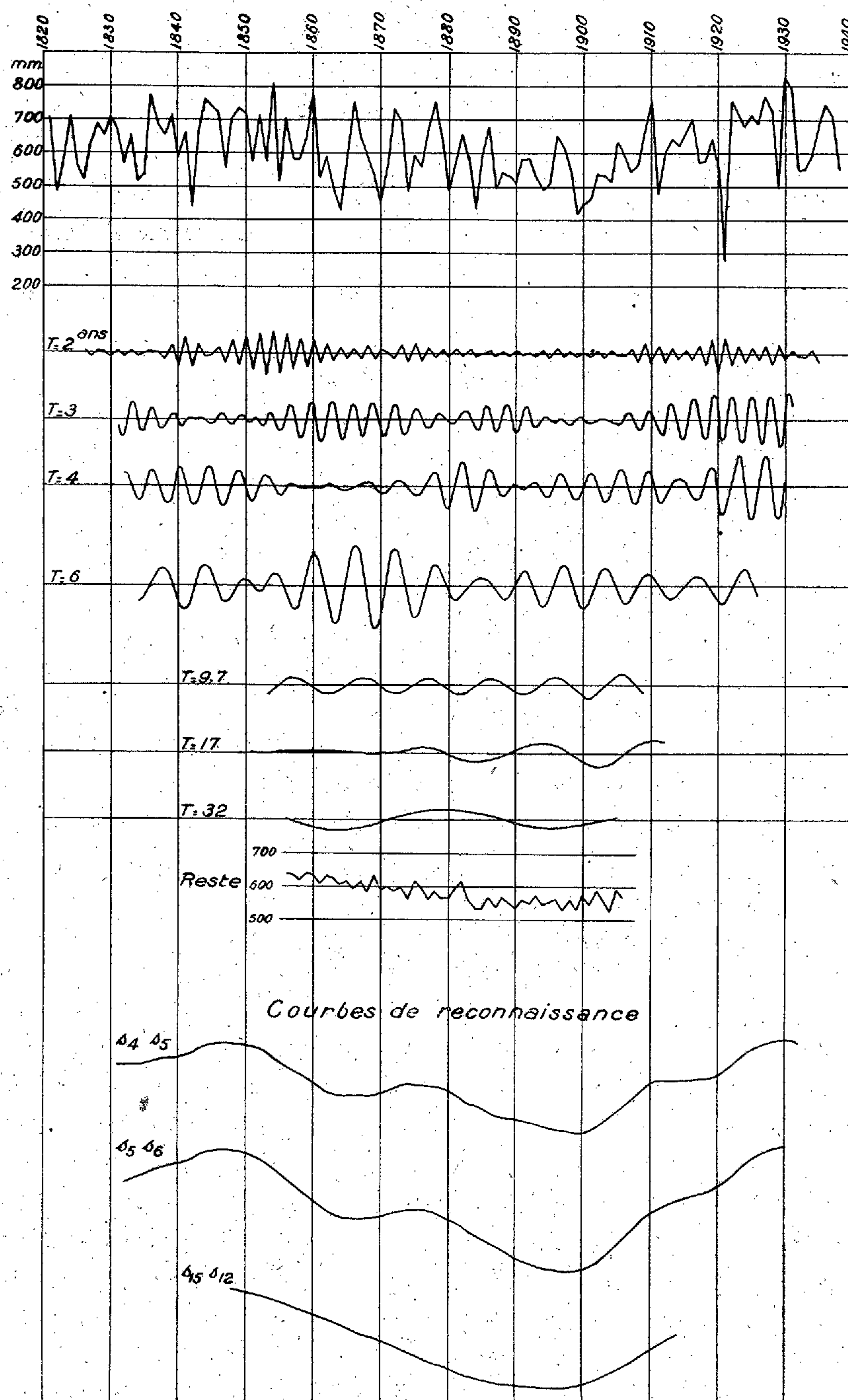
On voit nettement sur la figure que, pour une part importante, le Reste est dû à des composantes de périodes plus longues, que le calcul ne peut atteindre, la série étant insuffisamment longue. La courbe de reconnaissance $s_{15}s_{12}$ montre qu'un nombre restreint de sinusoïdes suffirait probablement pour épuiser la série qui serait alors représentée par la somme d'une dizaine de composantes seulement.

Utilisation pour la prévision. — Les courbes de reconnaissance s_4s_3, s_6s_5 et $s_{15}s_{12}$ ont une marche très régulière; l'extrapolation de ces courbes est donc un moyen

---

[1] *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, 64, 1940.

pour estimer la chute totale une année à l'avance. Il faut partir de chacune des courbes séparément et corriger les valeurs estimées de leurs ordonnées de



manière à aboutir à une prévision satisfaisant l'allure continue des trois courbes de reconnaissance envisagées. Les tentatives faites ont montré que le procédé

indiqué de la prévision a une précision d'au moins 15 % de l'écart des données extrêmes, ce qui correspond aux inégalités propres du reste.

Il faut noter aussi qu'au lieu d'envisager le total des pluies de l'année civile, on peut les cumuler par intervalle de n'importe quels 12 mois consécutifs. En traitant les séries ainsi constituées comme il a été fait ici, on obtiendrait des renseignements intéressant plus particulièrement les différentes productions agricoles.

MYCOLOGIE. — *Un* Aspergillus *pathogène nouveau,* Aspergillus fumigatoïdes *variété* roseus *nov. sp.* Note (1) de M. **Auguste Sartory.**

L'espèce que nous décrivons a été trouvée sur des plumes putrescentes de pigeon jetées sur un tas de fumier.

Caractères botaniques. — Examinée directement au microscope, cette espèce cryptogamique présente un mycélium large de 2 à 3^{μ} formant un tissu assez serré. Ce Champignon possède des supports conidiophores dressés, de 110 à 300^{μ}, rose pâle plus foncé sur le sommet où ils se renflent graduellement en tête sphéroïdale de 35 à 40^{μ} et couverte seulement dans la moitié ou les deux tiers supérieurs de basides de 6 à $14\text{-}15^{\mu}$ (souvent plus courtes au voisinage du sommet). Les conidies sont rondes et roses, parfois légèrement elliptiques de 2 à 3^{μ}. Nous sommes donc en présence d'un Champignon du genre *Aspergillus.* Le fait le plus curieux réside dans la formation de périthèces sur tous les milieux solides usuels employés en mycologie parasitaire. Ces périthèces apparaissent le plus souvent entre le 10e et le 12e jour (température de $+24\text{-}30^{\circ}$). Les débuts de ces formes sexuées sont signalés par un filament qui s'enroule en tire-bouchon. Pendant l'enroulement le rameau est dépourvu de cloisons; celles-ci apparaissent un peu plus tard au moment où les tours de spires augmentent de diamètre. L'ascogone grandit, il en résulte de petites proéminences qui ressemblent assez bien à des sclérotes. Ce sont en réalité des périthèces de 60 à 90^{μ}. Ils sont assez nombreux et forment des amas superposés, d'autant plus visibles que le plus souvent ils se produisent sans être masqués par les appareils conidiens. A l'intérieur de ces formations, nous trouvons des asques sphériques ou ovales de 20 à 25 et même 30^{μ} de long sur 14 à 18^{μ} de large. Le nombre des ascospores est le plus souvent de 8, quelquefois, mais rarement de 4 à 5, 6 ou 7. Ils sont sphériques, lisses, de dimensions comprises entre 3 ou $3^{\mu},5$. L'optimum cultural est compris entre $34\text{-}35^{\circ}$; toutefois cet organisme végète fort bien à $+38^{\circ}$. Il cesse de végéter à $+43^{\circ}$. Les cultures s'obtiennent très aisément sur pomme de terre ordinaire, acide ou glycérinée, donnant un mycélium d'abord blanc, puis franchement rose, puis des périthèces également roses. Le champignon liquéfie la gélatine vers le 4e-5e jour. Le sérum coagulé et l'albumine d'œuf ne sont pas

(1) Séance du 2 mars 1942.

attaqués. Le lait est coagulé vers le 7e-8e jour, il y a précipitation de la caséine et peptonification de cette dernière. Le liquide de Raulin constitue un excellent milieu. Le saccharose est dédoublé ainsi que le maltose et le lactose. Il y a liquéfaction de l'empois d'amidon et production de sucre réducteur. Le glucose n'est pas attaqué. Cette espèce est très pathogène pour le Lapin et le Cobaye et les lésions produites sont comparables à celles produites par l'*Aspergillus fumigatus* Fresénius.

Les caractères morphologiques et biologiques, l'étude expérimentale (que nous exposons complètement dans un prochain Mémoire) nous permettent de ranger cette espèce à côté de l'*Aspergillus fumigatus* et de l'*Aspergillus fumigatoïdes* A. Sartory et G. Bainier.

En réalité, elle ressemble beaucoup par la disposition de ses appareils conidiens à l'*Aspergillus fumigatus* type Fresenius, mais elle en diffère par la coloration rose de son mycélium et de ses spores (gris fuligineux pour l'*Aspergillus fumigatus*). De plus, l'*Aspergillus fumigatus* ne donne de périthèces que dans des cas très rares (action du radium sur les cultures); notre organisme est susceptible d'en donner sans difficulté tout comme l'*Aspergillus fumigatoïdes* dont la couleur du mycélium et des spores se rapproche de l'*Aspergillus fumigatus*. Les propriétés biologiques de notre espèce sont légèrement différentes de celles des *Aspergillus fumigatus* et *fumigatoïdes*. Le pouvoir pathogène est voisin de celui de l'*Aspergillus fumigatus* et nettement supérieur à celui de l'*Aspergillus fumigatoïdes*.

Conclusion. — De par sa morphologie, nous pouvons conclure que nous avons affaire à un Champignon du genre *Aspergillus Micheli* (*Eurotium*) voisin de l'*Apergillus fumigatoïdes*, mais de couleur rose possédant des ascospores lisses et non échinulées. Cette espèce est très pathogène; nous la considérons comme un organisme nouveau et nous proposons pour elle le nom d'*Aspergillus fumigatoïdes*, variété *roseus*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Capacité d'imbibition chez les graines et semences mûres.* Note de M. Nihous.

Nous appelons *taux d'imbibition* le poids de l'eau absorbée par 100g de graines sèches. Nous le déterminons en immergeant les lots de graines dans de l'eau stérilisée, à température constante ($t = 20°$) jusqu'à poids constant.

Cette détermination présente des difficultés chez certaines graines où la germination se déclenche très rapidement. Mais l'expérience montre que dans la généralité des cas *l'immersion complète* dans l'eau, c'est-à-dire dans un milieu faiblement aérobie, à $t = 20°$, donne de très bons résultats et nous nous sommes d'ailleurs toujours assuré que l'accroissement de poids qui s'atténue progressivement et tend à s'annuler à la fin des essais, ne présente aucune reprise, qui trahirait avec beaucoup de netteté les premières manifestations de la germination.

Le taux d'imbibition ainsi déterminé n'est qu'un *taux apparent*. En effet graines et semences, outre l'embryon, contiennent des éléments inertes (téguments de la graine, péricarpe desséché et éventuellement d'autres annexes).

Nous appelons *taux réel* d'imbibition le taux de l'embryon nu (avec son albumen, s'il existe).

Dans certains cas, les taux apparents et réels pour une espèce déterminée sont identiques ou très voisins, notamment quand les téguments n'interviennent que pour une faible part dans le poids de la graine (*Phaseolus* et *Pisum*).

Dans d'autres cas, ils sont très différents. Ces différences proviennent de causes diverses :

a. de la grande porosité des enveloppes (*Bidens tripartita*);

b. des lacunes importantes comprises entre l'embryon et les membranes (*Cucurbita maxima*);

c. du fait que les enveloppes, fraction relativement importante du poids de la graine ou de la semence, possèdent un taux d'imbibition très différent de celui de l'embryon (*Sinapis arvensis* où les téguments sont imprégnés de matières mucilagineuses).

La détermination du *taux réel* peut donc être obtenue :

1° en immergeant les graines complètes dont les téguments sont incisés dans le cas où ceux-ci sont fins et, par leur faible masse, n'influent pas sur le taux réel;

2° en éliminant les enveloppes avant les essais. On peut y arriver par décortication si les graines sont assez grosses et si elles n'adhèrent pas fortement. Dans le cas contraire, on peut les décoller par trempage préalable, ou les éliminer en attaquant les graines par l'acide sulfurique à 66° Baumé de façon à désagréger les enveloppes sans altérer les embryons.

En général l'imbibition de l'embryon nu progresse rapidement pendant les premières heures d'immersion (6 à 7 heures chez *Phaseolus Pisum*), et la courbe représentative en fonction du temps, correspondant à ce stade, est fortement ascendante. Elle s'atténue dans les quelques heures qui suivent et tend progressivement vers une parallèle à l'axe des abscisses (temps). Ces courbes d'imbition sont caractéristiques.

Les courbes d'imbibition de la graine entière ne le sont pas moins. En effet les enveloppes retardent souvent la pénétration de l'eau, l'accélèrent parfois si elles sont spongieuses. L'obstruction totale et temporaire d'une membrane à la pénétration de l'eau se traduit par un palier d'importance variable.

Voici quelques taux % d'imbibition de l'embryon nu choisis parmis ceux que nous avons mesurés : *Phaseolus*, 105; *Pisum*, 95; *Pirus malus*, 58; *Lepidium campestre*, 53; *Reseda lutea*, 36; *Cucurbita maxima*, 45; *Cucumis Melo*, 42, etc. De nombreux essais concordants témoignent de la stabilité de ce taux pour une espèce déterminée, *chez les graines qui ont achevé leur maturation complète*

sur la plante mère. Malgré la diversité de sol, de milieu et des variantes apportées à la technique, les fluctuations sont faibles et n'excèdent pas 2 à 5 % [imbibition dans l'eau sucrée (saccharose à 5 %) ou dans l'eau de la canalisation].

Nous insistons sur la condition de maturité préalable car, chez les graines sèches recueillies à un stade encore très éloigné de la maturité complète, les taux d'imbibition sont très élevés (300 à 500 %) et décroissent progressivement avec le développement de la maturation. Inversement la variabilité du taux d'imbibition des graines extraites fraîches des fruits de certaines Rosacées (*Prunus*, *Pirus* etc.), puis desséchées, montre combien ces graines atteignent difficilement la maturité complète, et ceci est corroboré par leurs faibles capacités germinatives.

L'évaluation des taux réels de nombreuses graines mûres nous a montré, en dépit de rares exceptions, que des études ultérieures permettront d'interpréter, que le taux % dans une même famille varie peu : Légumineuses (95-105), Crucifères (50-55), Composées (75-80), Cucurbitacées (40-45).

Le taux d'imbibition, critère de l'état de maturation auquel la graine a été recueillie et caractéristique de l'espèce et de la famille, acquiert ainsi une haute généralité.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Croissance* in vitro *des aiguilles d'oxalate de calcium formant les raphides dans le mucilage de* Zebrina pendula *Schnizl.* Note de Mlle **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Lorsqu'on met en contact de l'acide oxalique ou un oxalate soluble avec un sel soluble de calcium, l'oxalate neutre de calcium précipite immédiatement, sous forme d'une poudre cryptocristalline correspondant au sel monohydraté. Dans les tissus végétaux, on trouve très fréquemment des cristaux d'oxalate de Ca à formes nettes, soit du monohydrate appartenant au système monoclinique, soit du trihydrate appartenant au système quadratique. Il est très difficile d'obtenir des cristaux artificiels bien formés d'oxalate de Ca, de taille suffisante pour en permettre l'étude : il faut faire agir de très faibles concentrations, pendant un temps très long, et les qualités physiques du milieu où se forment les cristaux jouent un rôle important. Le monohydrate, dans beaucoup de plantes, appartenant pour la plupart aux Monocotylédones, cristallise en aiguilles allongées se groupant en paquets ou raphides. A ma connaissance, il n'a pas été possible jusqu'à présent de reproduire *in vitro* les raphides, ni même de faire apparaître des cristaux très allongés de monohydrate, si fréquents dans les plantes.

Chez une Commélinacée, *Zebrina pendula*, on trouve dans la tige et les feuilles des cellules allongées, disposées en files, remplies d'un mucilage épais, sous pression, qui perle dès qu'on sectionne un membre du végétal. Chaque cellule contient un paquet d'aiguilles d'oxalate de Ca que le mucilage

entraîne avec lui à sa sortie de la plante. Si donc on sectionne successivement chaque entrenœud d'une tige de *Zebrina pendula*, on peut obtenir une sorte de boulette de mucilage qui, d'abord assez fluide et transparent, devient rapidement ambré, plus opaque, prenant une consistance élastique. Ce mucilage n'est pas miscible à l'eau, et on peut l'y conserver un certain temps. Examiné au microscope dès sa sortie de la plante, il montre de nombreuses aiguilles d'oxalate de Ca, plus ou moins dissociées ou encore groupées en paquets, qui préexistaient dans les tissus du *Zebrina*; on y voit également des cristaux de tartrate de Ca, qui se forment aussitôt après la section (¹); légèrement solubles, ils disparaissent assez rapidement lorsqu'on met la boulette de mucilage dans l'eau.

Les raphides varient de taille : elles sont plus grandes dans la zone médiane de l'entrenœud, plus petites aux environs des nœuds et surtout dans les parties voisines du bourgeon terminal. Cependant, si l'on sectionne chaque entrenœud vers le milieu, sans prélever le mucilage de la partie terminale du rameau, on obtient des aiguilles variant assez peu de taille. Examinées au microscope polarisant, ces aiguilles montrent des teintes de biréfringence assez faibles, blanc jaunâtre et jaune de premier ordre; quelques aiguilles montent à l'orangé et même jusqu'à la première teinte sensible.

Si, au lieu de mettre la boulette de mucilage, obtenue comme il vient d'être indiqué, dans l'eau, on la place dans une solution très étendue d'acide oxalique (de l'ordre de 1 à 2 ‰), on constate, au bout d'une huitaine de jours, que la teinte générale de biréfringence a monté, et que la majorité des aiguilles sont jaune orangé, un plus grand nombre d'entre elles atteignant la teinte sensible, et même le bleu. De fait, une mensuration précise indique une légère augmentation de longueur et d'épaisseur, qui aurait facilement passé inaperçue en lumière naturelle. Or le mucilage, à sa sortie de la plante, contient un excès de calcium : il semble donc qu'en présence d'acide oxalique ce calcium se soit fixé sur les aiguilles d'oxalate déjà formées pour les *nourrir*. Si maintenant, après avoir soigneusement lavé à l'eau distillée pendant plusieurs heures la boulette de mucilage, on la plonge dans une solution très diluée d'acétate de Ca (1 à 2 ‰), on constate que le phénomène continue : le mucilage a dû s'enrichir par diffusion en acide oxalique, et par apport de calcium les raphides augmentent encore légèrement de longueur et d'épaisseur. Il en est de même si, après lavage, on les place de nouveau en milieu oxalique.

Ainsi, par des alternances d'apport de calcium et d'acide oxalique, j'ai pu provoquer la croissance de ces cristaux, si particuliers aux tissus végétaux, dans un milieu qui n'a plus rien de vivant. Voici les résultats d'une expérience :

(¹) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 87, 1940, p. 363.

	Longueur des aiguilles.	Moyenne pour 40 mesures.	Largeur des aiguilles.
	μ	μ	μ
Mucilage normal....................	100 à 130	120	4 à 5
Après 9 jours d'expérience..........	130 160	140	4,5 6
» 30 »	160 190	177	5 6,5

Après 3 mois d'expérience, de grosses aiguilles pouvant aller jusqu'à 210μ de longueur et jusqu'à 7μ de largeur; des aiguilles moyennes; de petites aiguilles, depuis 50μ.

Dans toutes les dernières préparations on est frappé par la variabilité de taille des aiguilles; certaines d'entre elles sont nettement plus petites que les aiguilles primitives, et il paraît logique d'envisager la possibilité de leur néoformation dans ce milieu favorable. Un autre point me semble important à signaler : dans toutes les expériences faites pour reproduire *in vitro* des cristaux d'oxalate de Ca, j'ai obtenu de petits cristaux sensiblement isodiamétriques ou plus souvent en lamelles à 6 pans un peu plus longues que larges, jamais de cristaux nettement aciculaires, et ceci quel que soit le milieu de cristallisation employé. Dans ce mucilage au contraire, l'union du calcium et de l'acide oxalique se fait sur un plan tout autre; seule, la forme aciculaire persiste et semble même prendre naissance; je n'y ai jamais vu de petits cristaux ordinaires en lamelles plus ou moins hexagonales. Ceci est sans doute à rapprocher du fait que dans les cellules à raphides on ne trouve jamais de cristaux d'autre forme.

Ainsi ces expériences soulignent les deux faits suivants : d'une part l'agencement en aiguilles des molécules d'oxalate de Ca nécessite un milieu physique et chimique particulier, dans lequel la cristallisation normale semble ne pas se faire; d'autre part le protoplasme et le noyau d'une cellule vivante ne sont pas indispensables à la naissance et à la croissance des raphides.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Thyméléacées. Développement de l'embryon chez le* Daphne Mezereum *L.* Note de M. RENÉ SOUÈGES, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Ni Paul Guérin (¹), ni Anna Fuchs (²), dans les importants Mémoires qu'ils ont consacrés aux Thyméléacées, ne nous apportent le moindre renseignement sur les lois qui président au développement de l'embryon dans cette famille. Ces lois sont cependant d'autant plus intéressantes à bien connaître que les Thyméléacées présentent, sous divers rapports, des caractères nettement primitifs et que leurs affinités sont toujours très discutées.

(¹) *Ann. Jardin Bot. de Buitenzorg*, 2e série, 14, 1915, pp. 1-35.
(²) *Œsterreichische Bot. Zeitschrift*, 87, 1938, pp. 1-41.

Dans tous les cas, la tétrade s'est montrée composée de deux cellules supérieures juxtaposées et de deux cellules inférieures également juxtaposées, séparées par des membranes verticales ou légèrement obliques, plus ou moins normales à la première paroi de segmentation (*fig.* 3 et 4). Les figures 6, 7 et 8 représentent le proembryon octocellulaire. Il se constitue par bipartitions des éléments de la tétrade : les deux cellules supérieures de celle-ci se cloisonnant verticalement pour engendrer quatre quadrants disposés dans un plan horizontal, les deux cellules inférieures se segmentant, l'une, *m*, verticalement, l'autre, *ci*, par une cloison oblique à direction horizontale, pour donner deux éléments *n* et *n'* (*fig.* 5). A la suite de ces dernières divisions, les deux noyaux des cellules-filles de *m* se rangent à peu près à un même niveau, les deux noyaux des cellules-filles de *ci* se

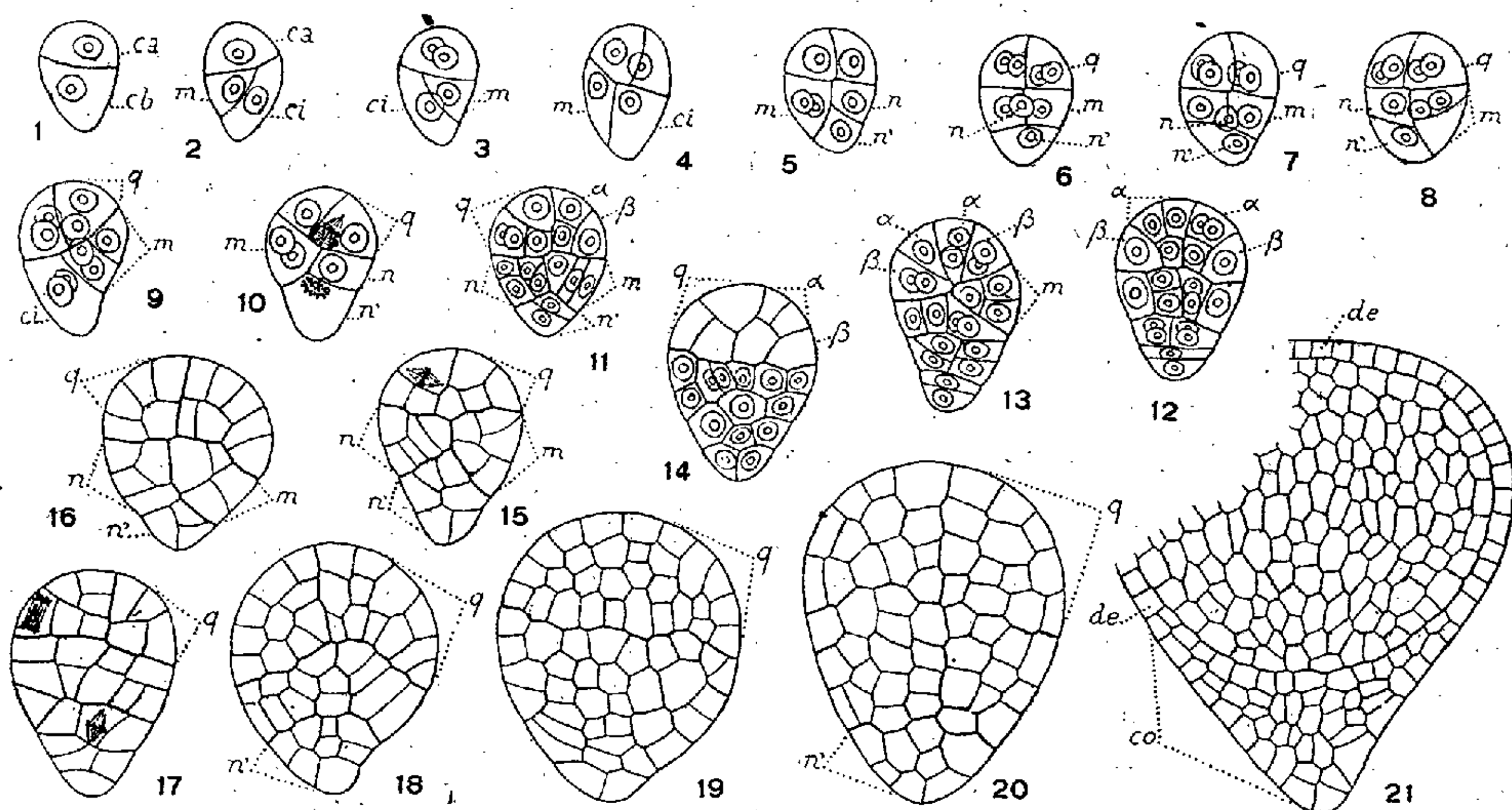


Fig. 1 à 21. — *Daphne Mezereum* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *q*, quadrants ou partie cotylée *sensu lato*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci* ou groupes cellulaires qui en sont issus; α et β, cellules-filles des quadrants; *de*, dermatogène; *co*, coiffe. G. = 290; 150 pour la figure 21.

trouvent placés l'un au-dessus de l'autre. Si, en 6 et 7, les deux noyaux des cellules-filles de *m* et le noyau de la cellule *n*, fille de *ci*, paraissent occuper le même étage, c'est que ces deux formes proembryonnaires se trouvent coupées selon un plan longitudinal faisant avec celui de la figure 5 un angle de 90°.

La complexité des formes que l'on observe aux stades suivants, surtout en ce qui concerne l'organisation de la moitié inférieure de l'embryon, tient à l'orientation fort variable de leurs sections verticales par rapport aux premières parois méridiennes. Parfois, les limites des premiers blastomères se reconnaissent nettement, par exemple en 9, 10, 11, 15, 16; mais, le plus souvent, ces limites ne peuvent être déterminées avec certitude; l'origine exacte des blastomères constitutifs ne peut ainsi être établie; on ne peut indiquer avec précision les portions du corps que ces blastomères contribuent à édifier. Les figures 10, 11, 15, 16 montrent cependant que, sans aucun doute, les éléments produits par *m* et *n*, placés au-dessous de la première paroi de segmentation, entrent dans la constitution de la partie hypocotylée, que les éléments engendrés par *n'* engendrent l'extrémité radiculaire. Les initiales de l'écorce de la racine tireraient origine de *n'*. Il ne se produit pas de suspenseur véritable.

Il est plus aisé de suivre la marche de la segmentation dans les quadrants, quoique les

directions des divisions dans ces éléments soient peu constantes. En général, par cloisons anticlines venant s'insérer sur la première paroi transversale de segmentation, au voisinage de l'axe, il se différencie deux éléments α et β (*fig.* 11 à d., 12, 13, 14 à d.), comparables à ceux que l'on rencontre dans le type embryonomique des Composées ([3]). Mais parfois ces cloisons anticlines, prenant une direction horizontale, viennent s'insérer intérieurement sur les parois méridiennes de séparation des quadrants (*fig.* 11 à g., 14 et 15 également à g.). Dans les deux cas, après ces premières divisions des quadrants, apparaissent, en coupes longitudinales, des cloisons périclines qui isolent extérieurement des éléments de dermatogène. Il est évident que cette portion du corps proembryonnaire, produite par les quadrants (*q*, *fig.* 9 à 20), représente la partie cotylée *sensu lato*. Les histogènes ne paraissent nettement individualisés qu'aux stades qui correspondent à la formation des cotylédons. En 21, au moment où se dessine la dépression apicale indiquant la différenciation prochaine des protubérances cotylédonaires, seul le dermatogène se trouve différencié.

Par le mode de constitution des quadrants, par leurs processus de division et par leurs destinées, le *Daphne Mezereum* vient se ranger à côté des espèces appartenant au type embryonomique des Composés. Dans ce type, on a été amené à distinguer ([4]) des formes plus ou moins régulières, à tétrade *filamenteuse* comportant deux cellules inférieures superposées, et des formes aberrantes, à tétrade *globuleuse* possédant deux cellules inférieures juxtaposées. C'est une espèce nettement représentative de ces dernières formes que constitue le *Daphne Mezereum*, puisque la tétrade globuleuse a été, chez cette espèce, observée d'une manière constante.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude de quelques milieux permettant la culture illimitée d'un prothalle d'*Asplenium. Note de Mme **Germaine Hurel-Py**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons signalé ([1]) que nous entretenions aseptiquement depuis sept mois la prolifération de prothalles de Fougère. Notre souche est maintenant âgée de 18 mois et continue à proliférer et à se développer dans des conditions qui nous permettent de penser que nous en entretiendrons la culture indéfiniment. Les examens morphologiques et physiologiques nous ont déjà fourni des résultats que nous résumerons ici.

Tout d'abord, dans des conditions que nous préciserons plus loin, nous avons pu obtenir des sporophytes assez développés pour nous permettre d'identifier le genre auquel appartient le prothalle ainsi cultivé. C'est un *Asplenium* dont on ne peut encore déterminer l'espèce, les frondes ne portant pas jusqu'ici de sores.

Le glucose n'est pas indispensable à la croissance illimitée des prothalles,

---

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **171**, 1920, pp. 254 et 357.
([4]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. de Fr.*, **88**, 1941, p. 602.

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 720.

et nous avons pu obtenir celle-ci sur des milieux aseptiques gélosés contenant simplement une solution de Knop additionnée d'un égal volume d'eau. Dans ces conditions, la croissance des prothalles, qui ne peut s'opérer qu'à partir des produits de la photosynthèse, est bien plus lente que sur milieu glucosé, mais, en revanche, les sporophytes sont plus nombreux et mieux développés. Nous avons également recherché si des milieux minéraux plus dilués que la solution de Knop, tels que ceux employés par certains auteurs pour faire germer les spores de Fougères, permettraient encore d'entretenir à l'état aseptique la prolifération de nos cultures. C'est ainsi que nous avons utilisé comme milieux nutritifs une solution de Knop au 1/10, une solution de Knop au 1/100, une solution de Shive [PO^4KH^2 0g,518; $(NO^3)^2Ca$ 0g,2; SO^4Mg 0g,42; $FeCl^3$ traces; eau 1000] à 0,12 %. Des prothalles placés sur ces milieux prolifèrent très lentement depuis 4 mois tout en demeurant sains, mais le volume des cultures obtenues dans ces conditions est environ quatre fois moins important que celui des cultures entretenues sur Knop au 1/2. Signalons que, sur les solutions de Knop au 1/10 et au 1/100, les sporophytes blanchissent et se flétrissent rapidement, tandis que les prothalles eux-mêmes élaborent moins de chlorophylle et sont plus faiblement colorés en vert que sur les milieux renfermant du Knop dilué de moitié. L'observation au microscope ne permet de remarquer aucune particularité. Si l'on considère la faible concentration en sels que renferme la solution de Knop au 1/100, et de Shive à 0,12 %, il est permis de se demander si les sels minéraux renfermés dans l'eau ayant lavé la gélose ne suffiraient pas à l'entretien de la souche. Des expériences sont en cours afin d'élucider ce dernier point.

On voit, d'après les expériences précédentes, que la culture des prothalles d'*Asplenium* ne nécessite qu'un minimum d'éléments minéraux.

Nous avons enfin essayé l'influence de la terre sur le développement des prothalles. Dans ce dernier cas les prothalles survivent mais s'accroissent peu. C'est ainsi qu'un prothalle repiqué d'un milieu minéral sur terre stérile ne paraît pas avoir grossi d'une façon appréciable depuis quatre mois ([2]). Il a donné par contre naissance à de nombreux sporophytes trapus. Il semblerait donc exister dans la terre des substances inhibitrices du développement des prothalles. Des expériences sont en cours afin de préciser ce dernier point.

Nous indiquerons pour terminer les conditions nécessaires à la formation des sporophytes. Nous avons tout d'abord constaté qu'il y a antagonisme entre la prolifération des sporophytes et celle des gamétophytes. C'est ainsi que, sur milieux minéraux, des prothalles prolifèrent faiblement et donnent de nom-

---

([2]) Gœbel puis Mottier ont indiqué avoir conservé des prothalles plusieurs années sur de la terre non stérile. Dans ces conditions, les prothalles, qui doivent être dépourvus de sporophytes pour survivre, s'accroissent très peu. C'est ainsi qu'au bout de quatre ans ils n'ont encore que 3 à 4cm de diamètre.

breux sporophytes bien développés. C'est à partir de tels milieux que l'on a pu obtenir des sporophytes permettant de déterminer le genre de la Fougère, tandis que, sur milieu glucosé où les prothalles prolifèrent activement, les sporophytes sont très petits et peu nombreux. Cependant, si l'on s'abstient de repiquer la culture sur milieu glucosé, les prothalles, au bout de quelque temps, sont gênés dans leur croissance par le manque d'espace et, à partir de ce moment, les sporophytes deviennent très nombreux et aussi vigoureux que ceux cultivés sur milieu minéral. Signalons enfin que l'activité de la croissance des sporophytes subit des variations saisonnières : en été les sporophytes poussent vite et prennent un grand développement, tandis que pendant les mois d'hiver ils grandissent très lentement.

En résumé, nous avons montré : 1° que les prothalles de Fougère se développent même sur un milieu très pauvre, mais que leur croissance est très favorisée par l'addition de faibles quantités de glucose; 2° que les sporophytes se développent d'autant mieux que les gamétophytes végètent plus lentement.

CYTOLOGIE. — *Les éosinophiles utérins au cours des phases du cycle œstrien chez la Rate et la Souris.* Note de M. **Raoul-Michel May**, présentée par M. Charles Pérez.

Nous avons été frappé, dans un travail sur la greffe bréphoplastique de l'utérus chez la Rate [1], de l'abondance des leucocytes éosinophiles isolés parmi les muscles de cet organe. Des recherches ultérieures nous ont montré que cette abondance ne se manifeste pas également dans toutes les phases du cycle œstrien, et nous en avons alors entrepris une étude quantitative.

Dans chaque série quatre rates ou souris femelles, nées le même jour, subissent des frottis vaginaux quotidiens pendant au moins un cycle œstrien complet. Puis elles sont sacrifiées, chacune à une des quatre phases du cycle œstrien ultérieur.

Les quatre utérus sont fixés dans du liquide de Zenker et débités en coupes de 5 microns. Ils sont colorés par des méthodes hématologiques (May-Grünwald ou Romanowsky) qui mettent en valeur les leucocytes éosinophiles. Pour chaque phase plusieurs coupes sont projetées, au même grossissement pour toutes les phases, au moyen d'un appareil à projection, sur du papier bristol. On compte tous les éosinophiles et l'on dessine les contours externes et internes d'une coupe d'utérus. Ces dessins sont découpés par la suite, on élimine la partie correspondant à la lumière utérine et on les pèse. On obtient ainsi la moyenne du nombre des éosinophiles de plusieurs coupes de l'utérus, et, par le poids des dessins de cet organe, son volume relativement aux autres phases de la série. Le tableau suivant donne le résultat des numérations et des

[1] *Arch. d'Anat. Microsc.*, 35, 1939-1940, pp. 147-199.

pesées dans le cas d'une série de Rates et de deux séries de Souris femelles d'âges différents. Nous donnons, de plus, le nombre d'éosinophiles aux différentes phases calculé par rapport à œstrus = 100.

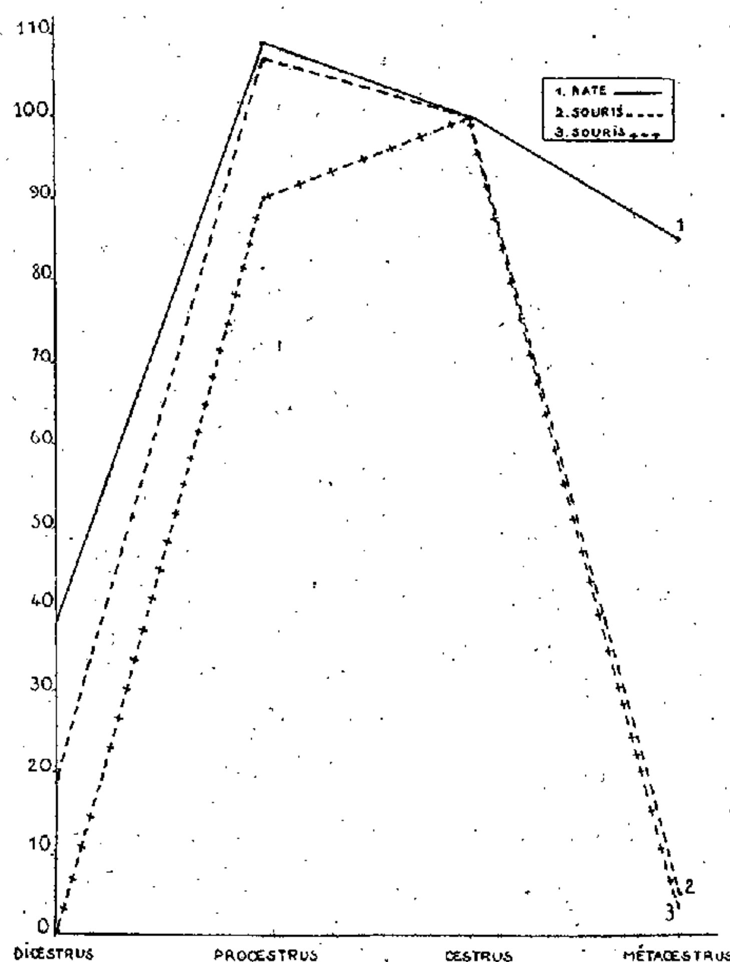
	Age en jours.	Éosinophiles trouvés.	% par rapport à œstrus.	Poids du dessin de l'utérus (en g).	Éosinophiles trouvés.	% par rapport à œstrus.	Poids du dessin de l'utérus (en g).
			Oestrus.			*Metaœstrus.*	
Série 1, Rates...	158	1942	100	61	1652	85,0	28
» 2, Souris..	49	481	100	15	17	3,5	6
» 3. » ..	80	509	100	2,27	24	4,7	1,04
			Diœstrus.			*Proœstrus.*	
Série 1, Rates...	158	714	38,2	20	2080	107,1	61
» 2, Souris..	49	3	0,6	8	436	90,6	13
» 3, » ..	80	97	19,0	6,08	555	109,0	3,25

1° Une première constatation s'impose; c'est que le volume utérin varie au cours des différentes phases du cycle œstrien, mais que ces variations ne sont pas constantes d'après la phase. En effet, si le volume utérin est environ trois fois plus grand en œstrus qu'en diœstrus chez la série de Rates, et deux fois chez les Souris de la série 2, le volume utérin est par contre plus de deux fois et demie plus grand en diœstrus qu'en œstrus chez la Souris de la série 3. Il est donc impossible d'utiliser la surface des coupes de l'utérus comme base pour le calcul du pourcentage des éosinophiles aux différentes phases du cycle.

2° Le nombre absolu des éosinophiles montre une nette alternance, non pas aux quatre phases du cycle, mais à deux phases, l'une constituée par proœstrus-œstrus, l'autre par métaœstrus-diœstrus. Il y a un grand nombre d'éosinophiles en proœstrus-œstrus, tandis que ce nombre baisse beaucoup en métaœstrus-diœstrus. Il ne présente pas, dans nos conditions de numération tout au moins, une précision quantitative absolue, mais il peut néanmoins être exprimé par les courbes très significatives ci-contre. En effet, le pourcentage d'éosinophiles ne varie que de 100 en œstrus à 107 chez la Rate en proœstrus, et à 90,6 et 109 chez la Souris en proœstrus; en diœstrus il tombe à 38 chez la Rate, et à 0,6 et 19,0 chez la Souris, tandis qu'il varie en métaœstrus de 85 chez la Rate à 3,5 et 4,7 chez la Souris.

3° Le nombre de leucocytes éosinophiles utérins est en rapport inverse avec celui des leucocytes neutrophiles que l'on observe dans la muqueuse vaginale. On sait en effet que les frottis vaginaux montrent un très grand nombre de leucocytes neutrophiles en métaœstrus-diœstrus, surtout en diœstrus, phases auxquelles le nombre des éosinophiles utérins est le plus bas; au contraire, les frottis vaginaux ne montrent pas de leucocytes neutrophiles en proœstrus-œstrus, phases auxquelles le nombre des éosinophiles utérins est le plus grand.

4° L'interprétation de ce phénomène cyclique n'est pas évidente. Pour Saito ([2]) la présence de cellules éosinophiles dans l'utérus de la Rate a un rapport étroit avec la croissance de cet organe et la fonction de *l'hormone*



œstrienne. La présence cyclique, saisonnière, d'éosinophiles a encore été signalée dans le thymus du Hérisson par Peter ([3]), qui n'en a observé que pendant l'été et au début de l'automne, mais presque pas pendant l'hibernation. Dans le cas de l'utérus, nos résultats montrent que la présence d'un grand nombre d'éosinophiles n'est pas en rapport avec les variations de volume de cet organe, inconstantes d'après les phases cycliques, mais qu'elle a des rapports étroits avec l'alternance du cycle œstrus-diœstrus.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Destruction de la moelle et adaptation aux changements de salinité chez un poisson homéosmotique (Carpe).* Note ([1]) de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Depuis les travaux de Summer, on connaît le rôle très important joué chez les Poissons homéosmotiques par l'épithélium branchial, véritable septum entre le milieu intérieur et le milieu ambiant.

D'autre part, Smith et Schlieper ont montré que la quantité d'urine émise par les Téléostéens est très petite et légèrement hypotonique au sang : leur osmorégulation est donc extrarénale et ce travail se fait au niveau branchial. Outre l'excrétion des chlorures (Keys et Wilner), la branchie élimine aussi

([2]) *Sci. Repts Gov. Inst. Infect. Dis. Tokyo Imp. Univ.*, 6, 1927, pp. 365-381.

([3]) *Zeitschr. Anat. u. Entwicklungsgesch.*, 104, (3), 1935, pp. 295-326.

([1]) Séance du 9 mars 1942.

une grande partie des déchets sous forme ammoniacale, l'excrétion azotée branchiale atteint 50 % de l'azote total excrété (Delaunay).

Nous avons étudié (¹) la régulation minérale du milieu intérieur de la carpe adaptée à des salinités progressives. Nous avons tenté d'établir à la suite de ces résultats l'influence du système nerveux central sur le mécanisme régulateur et plus spécialement sur les phénomènes de perméabilité branchiale. N'ayant pu obtenir des survies suffisantes après la section totale des branches du vague, nous avons tenté de détruire la totalité de la moelle.

Chez les Pœcilothermes, Chaisson (²) a réalisé cette expérience sur des Elasmobranches : l'auteur saignait ces animaux opérés 24 heures après la destruction médullaire et trouvait leur concentration moléculaire identique à celle du milieu ambiant. Il en concluait que la suppression de la moelle détruisait les mécanismes par lesquels la pression osmotique se maintient normalement au-dessus du Δ du milieu extérieur.

Nous avons opéré un grand nombre de carpes, dont la survie prolongée a été excellente (20 à 30 jours); une section cervicale et une section caudale permettaient le passage d'une corde de piano qui assurait la presque totale destruction des éléments nerveux; les deux plaies étaient cicatrisées rapidement et recouvertes d'une couche de cire de Horsley (celle-ci, durcissant dans l'eau, empêchait l'imbibition des muscles et assurait le maintien des parois). Il faut procéder à des nettoyages fréquents de l'animal immobile car le mucus en s'accumulant devient rapidement propice au développement microbien.

On connaît chez les homéothermes les résultats de la destruction de la moelle et l'on peut admettre avec les données récentes (Popoff, Hermann et Thann) que les divers métabolismes, après les perturbations dues au choc, reprennent leur allure normale, seule la température centrale chez les animaux opérés manifeste une grande labilité.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous les résultats de la composition du plasma de carpes sacrifiées 20 jours après l'opération.

Élément.	Carpe normale.	Carpe sans moelle.
Δ (°)	−0,50	−0,49
Chlore (g ‰)	3,75	3,75
Sodium (»)	3,098	3,090
Potassium (»)	0,173	0,200
Calcium (»)	0,100	0,105
Protéines (»)	27,8	25,5
Azote total non protéique (g ‰)	0,420	0,360
Acides aminés (g ‰)	0,075	0,087
Réserve alcaline (cm³ CO^2 %)	30	19 à 22
Résistance globulaire	4,5	2,5
Vitesse de sédimentation (mm/h)	4	6
Teneur en eau (%)	97,4	97,6
Glycémie	0,885	0,483

(¹) A. Drilhon et A. Pora, *Am. de Physiol.*, **12**, I, 1936, pp. 139 à 168.

(²) *Proc. of the Nova Scotian Inst. of Science Halifax*, **18**, II, 1931-1932.

Il ressort de ces résultats que la destruction de la moelle entraîne chez la Carpe une diminution de la glycémie ainsi qu'une chute sensible de la réserve alcaline. Par ailleurs, la vitesse de sédimentation globulaire est notablement augmentée tandis que la résistance est sensiblement diminuée; mais, dans l'ensemble, tant au point de vue concentration moléculaire et équilibre salin qu'au point de vue équilibre azoté, le milieu intérieur de la Carpe garde toute son intégrité.

Il n'en est plus de même si l'on veut adapter ces animaux opérés à des salinités progressives : alors qu'une carpe normale supporte sans dommage un milieu extérieur se congelant à — 0°,90, l'animal opéré meurt immédiatement dans un bain se congelant à — 0°,20.

Il apparaît alors que la suppression de la moelle diminue considérablement le mécanisme de la régulation branchiale chez un poisson homoiosmotique.

BIOLOGIE ENTOMOLOGIQUE. — *Polymorphisme et pœcilogonie chez les Éphémères.* Note (1) de M[lle] **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

Dans la faune paléarctique et jusqu'à plus ample informé, le genre *Oligoneuriella* est représenté par une seule espèce, *Oligoneuriella rhenana* Imhoff (2). La larve et l'imago de cette espèce ont fait l'objet de descriptions très précises. Des indications non moins précises ont été données du comportement et de l'habitat de la larve. On a signalé leur abondance dans les grands cours d'eau (le Rhin, la Garonne) principalement et, selon J.-A. Lestage, « ces larves vivent abritées sous les pierres dans les eaux à courant presque nul » (3).

Or j'ai capturé au cours de l'été 1941, en Auvergne, dans des ruisseaux ou petites rivières, affluents de l'Allier, principalement dans la Couze Pavin et dans l'Alagnon, des larves dont la morphologie permet de les identifier toutes, indiscutablement, à *Oligoneuriella rhenana* Imhoff.

Seul l'habitat de ces larves diffère de ce que l'on sait de l'habitat des larves typiques d'*Oligoneuriella*. Ici il s'agit, non plus de grandes rivières à courant presque nul, mais de ruisseaux à allure de torrents. Bien plus, les *Oligoneuriella* que j'ai capturées sont nettement localisées aux zones où le débit atteint son maximum de rapidité et où l'eau est particulièrement agitée, et par suite très oxygénée, au pied de chutes ou de cascades.

Dans ces stations à *Oligoneuriella* on trouve d'ailleurs des exemplaires de la faune torrenticole classique, larve de *Rhitrogena*, de *Bætis alpinus*, de Simulies, et parfois d'un Blépharocéridée, *Liponeura cinarescens* (4).

---

(1) Séance du 2 mars 1942.

(2) J.-A. Lestage, *Bull. et Ann. de la Soc. entom. de Belgique*, 68, 1938, p. 273. Par suite des circonstances je n'ai pu me procurer certains périodiques et ouvrages récents.

(3) *Ann. de Biol. lacustre*, 8, 1916, p. 263.

(4) M. Seguy a bien voulu vérifier ma détermination.

A côté des stations de ces larves, j'ai capturé des imagos des deux sexes, qui tous diffèrent sensiblement des imagos déjà connus d'*Oligoneuriella*, et j'insiste sur ce fait que, depuis trois étés que je chasse les Éphémères dans ces mêmes lieux, je n'ai jamais capturé d'autres formes.

Les différences entre ces *Oligoneuriella* et *Oligoneuriella rhenana* typique décrite par Eaton portent principalement sur la nervation des ailes, la longueur des cerques, la coloration générale du corps, les dimensions du corps.

a. La nervation des ailes. — Contrairement aux ailes des *Oligoneuriella rhenana* de Eaton, ici la nervation est la même pour les deux sexes. L'aile antérieure présente toujours cinq nervures longitudinales, mais les nervures transversales sont particulièrement nombreuses et marquées. Elles s'étendent exclusivement entre les costa et les trois premières nervures longitudinales. Entre le bord antérieur et la première longitudinale, on peut compter 23 transversales; trois anales sont également nettes.

L'aile postérieure est plus différente encore de celle des *Oligoneuriella rhenana* typiques. La médiane est bifurquée dans les deux sexes. Deux anales sont bien marquées, ainsi que les nervures transversales qui s'étendent entre elles d'une part, et entre la deuxième anale et le bord postérieur d'autre part.

b. La longueur des cerques. — Chez *Oligoneuriella rhenana* de Eaton les cerques atteignent chez le mâle une fois et demie la longueur du corps, chez la femelle au plus les 2/3 et au moins le 1/4 de cette même longueur. Ici les cerques du mâle ne dépassent pas les 3/4 et ceux de la femelle le 1/5 de la longueur du corps.

c. Coloration. — Tête et thorax gris brunâtre, partie supérieure et antérieure du thorax jaunâtre, abdomen gris fumée, pattes gris clair, cerques jaune pâle.

d. Dimensions du corps. — Longueur du corps du mâle, 15 à 18^{mm}; de la femelle, 10 à 15^{mm} [5].

Ainsi, si l'on s'adresse à la larve, on apparente sans hésitation les individus capturés à *Oligoneuriella rhenana* Imhoff; si l'on s'adresse uniquement aux imagos, l'on pourrait être autorisé à en faire une espèce nouvelle.

L'étude d'un autre Éphéméroptère, *Bætis alpinus* Pictet, conduit à de semblables remarques, compte tenu du fait que les variations portent alors sur la larve et non sur l'adulte. On attache une grande importance pour la détermination de la larve de *Bætis alpinus* à l'importance de la ciliation des cerques et à la réduction de longueur du cerque médian. Or l'examen des larves provenant d'une même station montre que ces caractères sont très variables, certaines larves se rapprochant de celles de *Bætis rhodani* Pict. et, jusqu'à plus ample informé, les caractères de l'imago sont bien définis. Le seul caractère commun à toutes les larves de *Bætis alpinus*, quelles que soient leurs

(5) Je me propose de donner ultérieurement une étude détaillée de la question avec figures à l'appui.

variations morphologiques, est une rhéophilie très nette s'accompagnant d'un intense besoin d'oxygène dissous.

Ces faits sont à rapprocher des constatations de Lestage ([6]) relatives à la difficulté « de différencier d'une façon certaine les larves d'un même groupe, alors que l'adulte est certainement différent ». Le cas des *Oligoneuriella* est à rapprocher des observations de Ulmer, dont Lestage a souligné l'importance, et qui établissent l'identité des larves d'*Ecdyurus fluminum* (espèce européenne) et de *Thalerosphyrus determinatus* (espèce javanaise).

Ces faits sont également à rapprocher des cas de pœcilogonie dont Giard ([7]) a donné de nombreux exemples dans les groupes zoologiques les plus divers. Le cas des *Bætis alpinus*, conforme à la définition de Giard (polymorphisme des larves, convergence des adultes), réaliserait un type de pœcilogonie directe. Au contraire, celui des *Oligoneuriella* (identité des larves et divergence des adultes) constitue un cas de pœcilogonie indirecte.

L'étude du polymorphisme des larves, des adultes et des divers types de pœcilogonie a une portée générale, car elle souligne jusqu'à quel point peut être relative la valeur des caractères morphologiques invoqués pour la discrimination des espèces. Elle montre l'importance de certains caractères physiologiques. Dans les cas qui nous intéressent ici, les larves présentent toutes, quelle que soit leur morphologie, une rhéophilie très marquée et un intense besoin d'oxygène dissous.

EMBRYOLOGIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur la présence, dans les embryomes parthénogénétiques, de diverticules ou canaux amniotiques à topographie radiaire, homologues de ceux du blastoderme polyembryonique du Tatou.* Note ([1]) de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dès le début de mes observations avec Limousin, qui mirent en évidence la parthénogénèse polyembryonique dans le testicule, nous avions souligné que les vésicules amnio-ectoblastiques primitives montraient souvent, dans leurs divers modes de division ou de bourgeonnement, les aspects de la gémellité monozygotique et même une polyembryonie analogue à celle de l'œuf du Tatou. Nous avons ainsi décrit l'individualisation des boutons ou embryons, au niveau d'épaississements ectoblastiques excentriques, disposés suivant des axes perpendiculaires et correspondant à des divisions symétriques successives.

Depuis lors, j'ai pu observer une disposition encore plus caractéristique :

([6]) *Ann. de Biol. lacustre*, 8, 1916, p. 215.

([7]) *Bull. Scient. France-Belgique*, 39, 1905, p. 153.

([1]) Séance du 2 mars 1942.

la présence de diverticules ou canaux unissant la cavité amniotique centrale ou primitive, aux boutons situés à la périphérie (*fig.* 1). Ce fait offre un intérêt considérable, non seulement pour la morphogénie des blastodermes tératologiques, que la tumeur engendre en nombre illimité, mais même pour

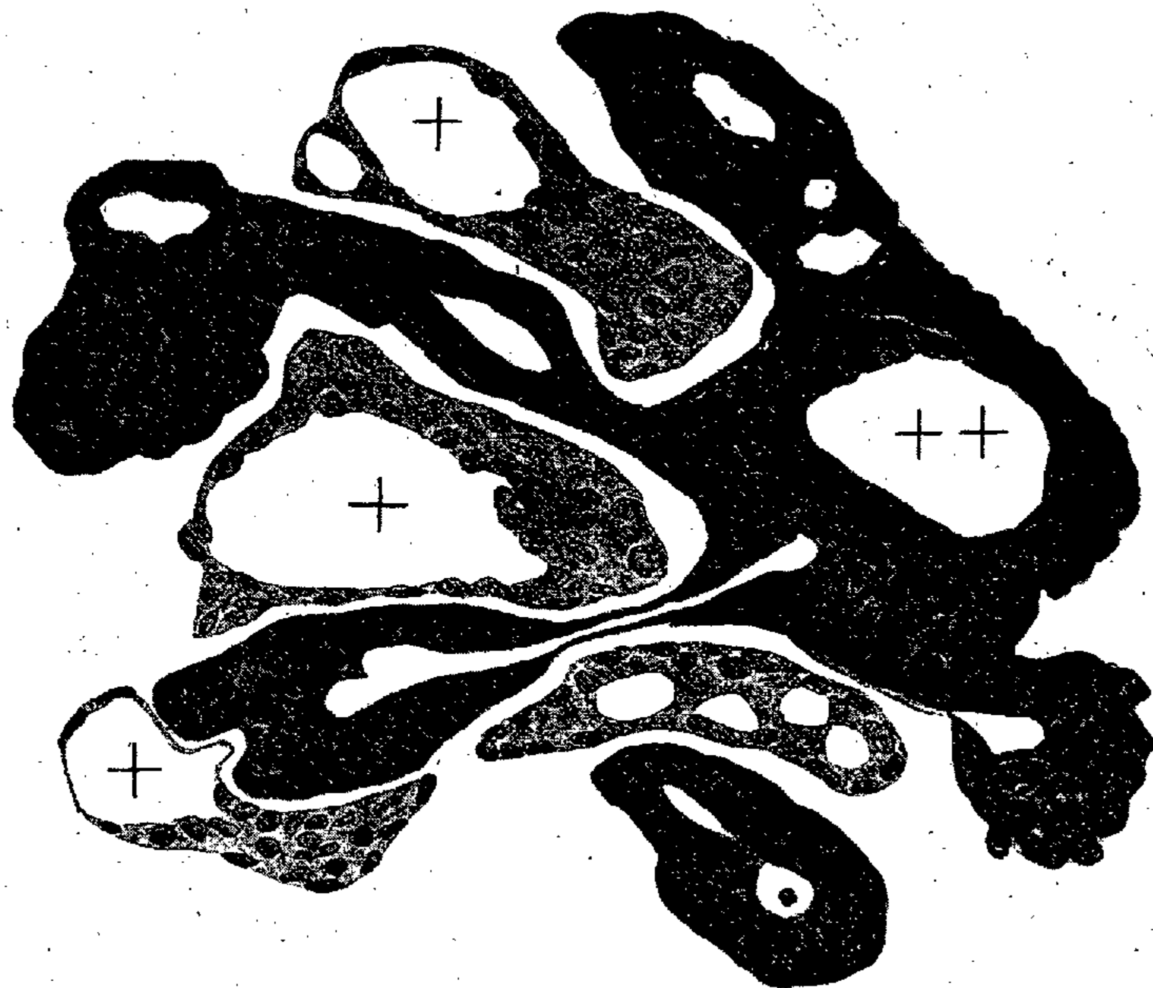


Fig. 1. — Embryome testiculaire 11013, vue exacte d'un segment d'un complexus polyembryonique à étages multiples. La cavité amnio-ectoblastique centrale (++) et ses diverticules, ou canaux, ont un revêtement constitué d'éléments fortement basophiles à noyaux allongés, ou irréguliers : les formations entoblastiques (+) montrent des éléments à cytoplasme clair et petits noyaux ovoïdes. Fix. Bouin; color. à la fuchsine basique et à l'azur II.

les problèmes toujours discutés de la mécanique embryonnaire normale de l'œuf du Tatou; dans ce dernier, les images homologues de celles de la figure 1 sont transitoires et ne se retrouvent jamais avec la même richesse de formes que dans les embryomes. Ces variations dans le processus de fission, ou de bourgeonnement des vésicules néoplasiques, sont liées, d'une part à des déformations mécaniques par pression de voisinage, de l'autre à des modifications dans la tension du liquide sécrété par l'ectoblaste primitif. Les boutons s'isolent plus ou moins rapidement et s'égrènent dans le mésoblaste primitif, consécutivement à la rupture des canaux. Ces derniers persistent à l'état de vestiges tubuliformes, après avoir peut-être contribué à la formation du trophoblaste qui constituera la voûte des boutons. Mes observations sur la tumeur 11013 sont aujourd'hui assez nombreuses pour ne laisser aucun doute sur la concordance topographique des dispositions de l'embryome (*fig.* 1) avec celles de la figure 2, qui reproduit (d'après Fernandez) une vue schématique des canaux et embryons dans l'œuf de *D. hybridus*; toutefois, il ne faut

pas perdre de vue que, dans le blastoderme du Tatou, la répartition des embryons issus du bourgeonnement de la vésicule (ou de sa fission suivant certains auteurs) s'effectue sur un même plan : dans nos embryomes, au contraire, le processus se répète à des étages divers et la disparition des canaux masque rapidement la topographie régulière, correspondant au synchronisme

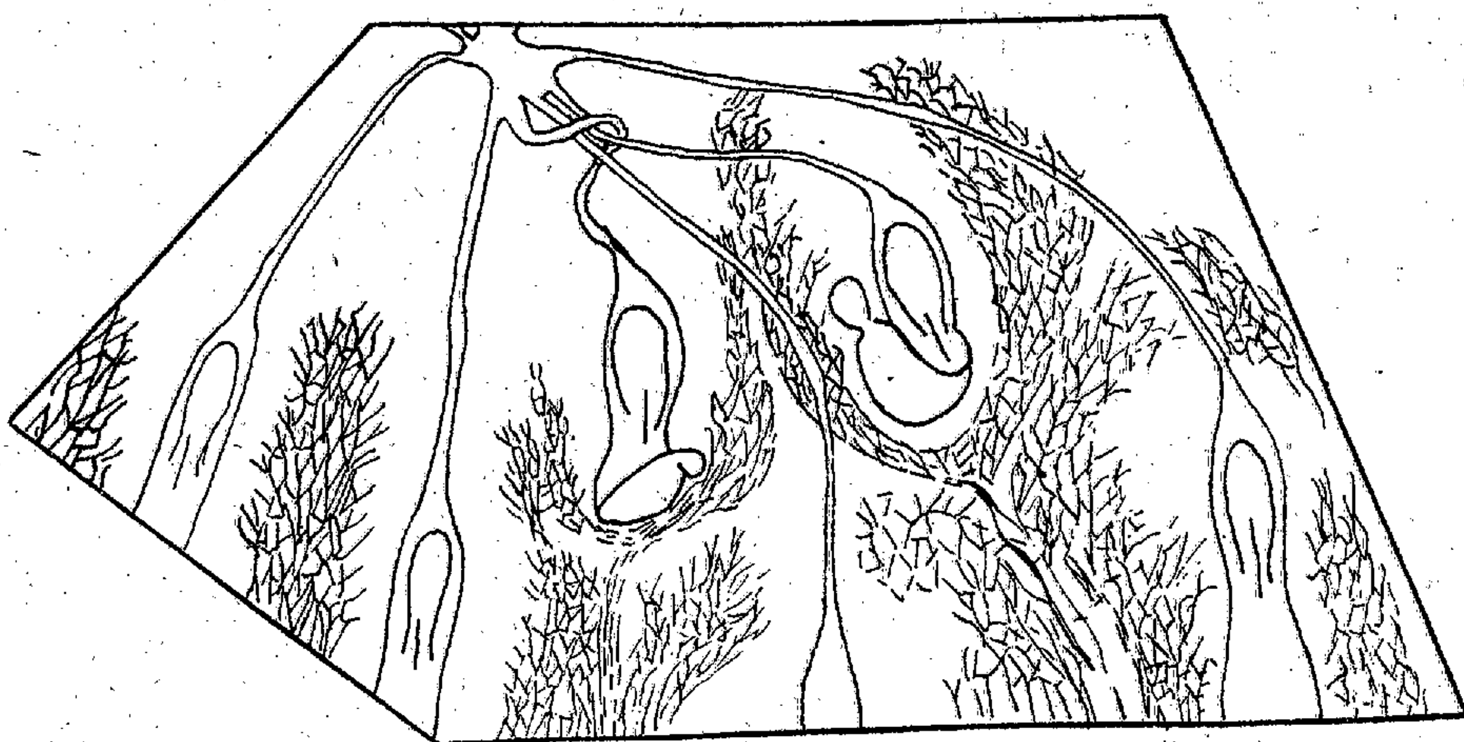


Fig. 2. — Vue d'ensemble schématisée (Fernandez) montrant une partie du blastoderme polyembryonique de *D. hybridus*. De la cavité amniotique centrale (en haut) partent les canaux amniotiques radiaires aboutissant aux divers embryons. Ces derniers, sur lesquels la ligne primitive est représentée, ont atteint un stade plus avancé que les boutons de la figure 1.

initial des formations d'un même étage. Certains canaux présentent des diverticules secondaires, ou même tertiaires; d'autre part, la séparation des deux vésicules ecto- et entoblastique et surtout l'aplasie ou hyperplasie de cette dernière (qui s'observent déjà à l'état normal chez *D. hybridus*) sont particulièrement fréquentes dans les embryomes; certains complexus polyembryoniques y sont même exclusivement constitués de boutons ou blastodermes abortifs, qui n'aboutissent jamais au stade thermique normal.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode d'analyse microbiologique des beurres et sur l'intérêt qu'elle présente au point de vue industriel.* Note de MM. **Gustave Guittonneau** et **René Chevalier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous a récemment tracé le programme d'une rénovation de notre industrie beurrière qui apparaît de plus en plus comme nécessaire (¹).

Depuis lors nous avons reconnu que, dans l'ordre des réalisations techniques, on supprimerait sans doute beaucoup de malentendus et qu'on éviterait ainsi

(¹) G. Guittonneau, *Comptes rendus Ac. d'Agr.*, 27, 1941, p. 25.

des faux départs, toujours regrettables, si l'on parvenait à instituer des contrôles d'orientation industrielle, reposant sur des données précises. C'est pour répondre à cette préoccupation que nous avons étudié et mis au point une nouvelle méthode d'analyse microbiologique des beurres. Nous nous proposons de la faire connaître dans cette Communication.

On sait que, dans le beurre, la vie microbienne s'entretient aux dépens des impuretés minérales et organiques que renferment les gouttelettes liquides émulsionnées dans le substratum lipidique. Dans ce milieu discontinu des espèces diverses, même si elles ont des affinités biologiques bien différentes, peuvent vivre près les unes des autres sans se nuire et c'est leur ensemble qu'il importe de prendre en considération si l'on désire se faire une idée exacte de ce que représente effectivement la vie microbienne dans un beurre.

Pour y parvenir, nous avons pensé qu'il serait opportun de séparer suivant leurs affinités biologiques les différentes espèces microbiennes qui constituent la microflore active d'un beurre et de les dénombrer indépendamment les unes des autres, sur milieux électifs convenablement choisis.

Dans la méthode que nous proposons, les milieux électifs sont ensemencés à partir de dilutions de beurre préalablement fondu à 45° et émulsionné dans un liquide visqueux stérilisé constitué par de l'eau gélosée à 1 °/₀₀.

1° *Dénombrement global de la flore bactérienne acidogène et de la flore fongique acidophile.* — Comme point de départ de l'analyse, on cherche à faire apparaître dans ce dénombrement global ce qui subsiste dans le beurre des microorganismes qui avaient envahi la crème au cours de sa maturation. Le milieu électif choisi par nous, à la lumière de nos études antérieures sur le lait et sur les crèmes, est un milieu gélosé à base de lait écrémé, dilué, digéré par la papaïne et amené à pH 7. Nous avons fait connaître ailleurs le mode de préparation de ce milieu ([2]).

2° *Dénombrement de la flore fongique acidophile.* — Si le milieu précédent, au lieu d'être amené à la neutralité, est ajusté à pH 3,5, il ne permet plus aux bactéries de se développer et il devient électif pour les champignons inférieurs acidophiles qu'il permet de dénombrer dans d'excellentes conditions. Les Champignons appartiennent aux groupes de l'*Oidium lactis*, des levures, des Torulas, des Monilias et d'une manière générale de toutes les Moissures qu'on peut rencontrer dans le beurre.

3° *Dénombrement des bactéries coliformes des genres* Escherichia *et* Aerobacter. — Pour séparer ce groupe de Bactéries acidifiantes de celui des Bactéries lactiques vraies, on fait appel à la méthode dite colimétrique, telle qu'elle a été précisée par l'un de nous dans un Mémoire publié avec d'autres collaborateurs ([3]). Bornons-nous à rappeler ici que le dénombrement est basé sur

---

([2]) G. GUITTONNEAU et R. CHEVALIER, *Ann. Techn. Agric.*, 3, 1940, p. 7.

([3]) G. GUITTONNEAU, G. MOCQUOT et A. EYRARD, *Le Lait*, 19, 1939, p. 113.

la propriété que possèdent les Bactéries coliformes de faire fermenter le lactose, en bouillon électif, avec dégagement gazeux.

Dans nos études sur le beurre nous avons fait appel au milieu à base de lait écrémé, dilué, digéré par la papaïne, rendu électif par addition de sels biliaires (16^g par litre) et de vert brillant ($0^g,020$ par litre). Pour rendre plus rapides et plus nets les dégagements gazeux, on ajoute au liquide du formiate de sodium (5^g par litre).

Le dénombrement des bactéries coliformes une fois effectué, il est facile de rechercher les souches indologènes par la méthode classique de culture en bouillon phéniqué.

4° *Dénombrement des bactéries caséolytiques.* — Les résultats les plus instructifs que nous ayons enregistrés dans nos nombreux essais ont été obtenus sur une gélose rendue nutritive par simple addition de caséinate de calcium neutre. Les dénombrements, facilités par les plages d'éclaircissement du caséinate, correspondent à un potentiel de caséolyse microbienne dans les conditions les plus favorables à l'exercice de cette fonction. L'épreuve est donc très sévère, mais elle n'en a pratiquement que plus de valeur.

Si, maintenant, on envisage le point de vue industriel, on reconnaît que, dans le deuxième et le quatrième des dénombrements précédemment indiqués, on fera apparaître les Champignons et les Bactéries connus comme agents des altérations microbiennes les plus fréquents des beurres (goûts de fromage, de fermenté, de levure et rancissement). Des chiffres élevés obtenus comme résultats des deuxième et quatrième dénombrements peuvent donc être considérés comme des indices d'altérabilité des beurres.

Si l'on a affaire à des beurres de crèmes pasteurisées, les résultats du troisième dénombrement peuvent soulever la question des eaux de lavage employées dans les beurreries. Il est clair que ces eaux doivent être assainies dans tous les cas où elles n'ont pas été reconnues naturellement potables.

La séance est levée à 15^h45^m.

L. B.

ERRATA.

—

(Séance du 26 janvier 1942.)

Note de M. *Lucien Vallery*, Sur le dosage de l'atropine et de l'hyosciamine à l'état de silicotungstates :

Page 171, ligne 8 en remontant, *au lieu de* Ces deux grandeurs S et $F_{S,\theta}(x)$, *lire* Ces deux grandeurs *s* et $F_{S,\theta}(x)$.

(Séance du 16 février 1942.)

Note de Mlle *Marie Théodoresco*, Étude par effet Raman des complexes molybdomaliques :

Page 314, ligne 3, *au lieu de* MoO^2, *lire* MoO^3.

(Séance du 23 février 1942.)

Note de M. *Alexis Lambert*, Le Trias du Djurdjura :

Page 377, ligne 14, *au lieu de* Boïra, *lire* Bouïra; ligne 19, *au lieu de* Calcaires à pistes *à fucoïdes*, *lire* Calcaires à pistes dits *à fucoïdes*.

Première note infrapaginale, *au lieu de* 210, 1939, *lire* 210, 1940.

(Séance du 9 mars 1942.)

Note de Mme *Eugénie Cotton*, Sur l'anisotropie magnétique du caoutchouc :

Page 487, ligne 14 en remontant, *au lieu de* grandit avec le nombre de tours; *lire* diminue quand le nombre de tours augmente.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MARS 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu à Clermont-Ferrand, le 7 mars 1942, de M. **Émile Mathias**, Correspondant pour la Section de Physique générale.

Notice nécrologique sur Émile Mathias,
par M. **Charles Maurain**.

Émile Mathias est né le 15 août 1861 à Paris. C'est là qu'il fit ses études de licence et d'agrégation. Agrégé des sciences physiques et naturelles en 1885, il devient préparateur de physique au Laboratoire d'Enseignement de la Physique, dirigé par Bouty à la Sorbonne, mais travaille d'abord à l'École Normale avec Cailletet, qui continuait ses célèbres recherches sur les gaz liquéfiés. Mathias collabora avec lui à la création de méthodes pour l'étude des densités des gaz liquéfiés et de leurs vapeurs saturées. Les mesures conduisirent, dès 1886, à la découverte de la loi dite du diamètre rectiligne : si l'on construit deux courbes représentant, en fonction de la température, les densités du liquide et de la vapeur saturée, on constate qu'elles forment deux branches d'une même courbe, se raccordant au point critique, où la tangente est parallèle à l'axe des densités; les milieux des cordes rectilignes de la courbe parallèles à cet axe forment une ligne droite. Les mesures, sans être poursuivies jusqu'au point critique, permettent de construire la courbe et le diamètre rectiligne, dont l'intersection donne avec précision la densité critique. Mathias montra plus tard que pour certains corps le diamètre n'est qu'approximativement rectiligne.

Ayant ainsi débuté dans la recherche scientifique par des travaux sur les gaz liquéfiés, Mathias continua pendant toute sa vie de s'intéresser à leur étude, tout en s'adonnant bientôt à des recherches de genre très différent.

Il entreprend, au laboratoire de la Sorbonne, sur la chaleur de vaporisation des gaz liquéfiés, un travail qui fut sa Thèse de doctorat; il employait une

méthode calorimétrique à température constante, permettant de faire les mesures dans des conditions bien définies, et avec précision.

Après deux années de professorat au lycée de Marseille (1889-1891), Mathias est nommé maître de conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse, où il deviendra professeur titulaire en 1895. Il y continue ses travaux sur la calorimétrie des gaz liquéfiés, mesurant leur chaleur spécifique et leur chaleur de vaporisation. Puis il étudie l'application des lois des états correspondants aux conditions voisines de l'état critique; il montre que ces lois ne s'appliquent pas avec précision de manière générale, et que les vérifications sont beaucoup plus satisfaisantes si les comparaisons portent sur des groupes de corps convenablement formés.

En 1909, à la suite de conversations avec Kamerlingh Onnes au premier Congrès international du froid, Mathias commence avec les physiciens du Laboratoire cryogène de Leyde une longue collaboration pour l'étude des densités et du diamètre des corps à température critique basse. Sont étudiés : l'oxygène (1909), l'argon (1912), l'azote (1914), l'hydrogène (1920), le néon (1921), l'hélium (1924), l'éthylène (1927), l'oxyde de carbone (1932), le krypton (1937). Pour la plupart de ces corps, les diamètres ne sont pas parfaitement rectilignes, mais la méthode s'applique cependant avec une précision satisfaisante à la détermination de la densité critique.

Ces travaux, et d'autres dont je ne peux donner le détail, relatifs au même domaine, eussent suffi à illustrer une belle carrière scientifique. Et cependant, depuis bien longtemps, c'était surtout à d'autres travaux que se consacrait Mathias.

Dès 1893, il avait été chargé de la direction du Service magnétique à l'Observatoire de Toulouse, dont B. Baillaud était alors directeur. Il organisa ce Service, et, en dehors des mesures magnétiques à la station centrale, fit lui-même des mesures dans la région en 176 stations. Il étudia alors la représentation des résultats par des cartes relatives aux divers éléments magnétiques et par des formules simples donnant, en fonction de la latitude et de la longitude, ce qu'on peut considérer comme la distribution régulière du champ magnétique terrestre dans une petite région; il étendit ce mode de représentation à l'ensemble du réseau magnétique français établi par Moureaux. Les différences entre les valeurs réelles des éléments magnétiques et les valeurs calculées à l'aide des formules définissent des anomalies magnétiques, attribuables en partie aux propriétés magnétiques des roches du sous-sol, et sur l'observation desquelles est fondée la méthode magnétique d'étude du sous-sol, qui est maintenant si largement appliquée.

Mathias s'intéressa aussi à cette époque à la météorologie, et, lors de la mort prématurée de Bernard Brunhes en 1910, il lui succéda comme directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme et comme professeur à l'Université de Clermont-Ferrand.

Dès lors son activité se porta surtout sur la Physique du Globe. La gestion scientifique et matérielle d'un observatoire comme celui du Puy-de-Dôme est une lourde tâche. Mathias y ajouta celle de la création dans la plaine, près de Clermont, d'un observatoire qui pût conjuguer ses travaux avec ceux de l'observatoire du sommet; la construction des bâtiments s'achevait quand survint la guerre de 1914; il fallut à Mathias de longs efforts pour terminer dans la suite les installations.

Je ne peux que passer rapidement en revue les sujets principaux des travaux géophysiques de Mathias.

Sur sa proposition fut entrepris en 1922, sous les auspices du Comité français de Géodésie et Géophysique, l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France, qui fut terminé en 1926. J'eus l'honneur de lui être associé dans la direction de ce grand travail, fondé sur des mesures faites en 1328 stations. Mathias tint à coopérer aux mesures sur le terrain, et en fit en 160 stations. Les études qu'il avait faites à Toulouse furent bien précieuses pour orienter les travaux et tirer le meilleur parti des résultats.

Il attachait une grande importance à l'étude de l'électricité atmosphérique, institua des mesures de la conductibilité et du champ électrique au sommet du Puy de Dôme, et dirigea la publication d'un Traité d'électricité atmosphérique et tellurique. Mais ce sont surtout la foudre et l'éclair qui furent l'objet de ses travaux; il leur consacra de nombreux mémoires, particulièrement sur les diverses formes de l'éclair et sur la matière fulminante qu'il fait intervenir dans l'interprétation de certains phénomènes.

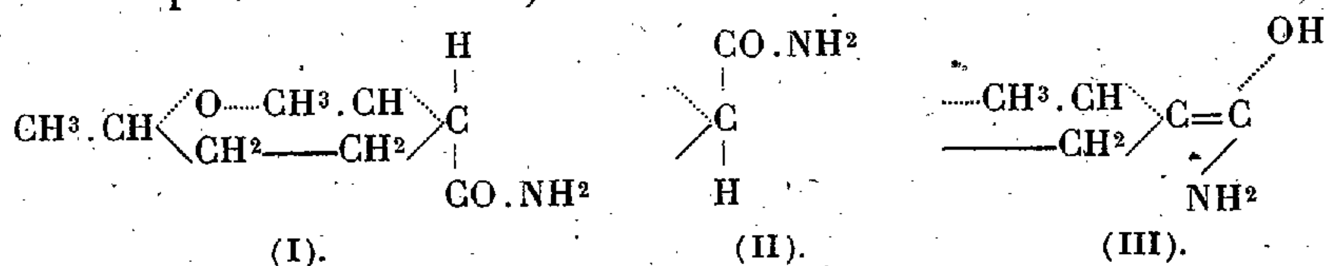
L'étude difficile de la pluie retint aussi beaucoup Mathias. Il y consacra en 1919 un long Mémoire où l'on trouve un exposé critique des méthodes de mesure, des statistiques étendues à toute la France, l'étude de la variation avec l'altitude et des phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère sur le passage de la pluie. Il est revenu à plusieurs reprises sur ce sujet et y consacrait encore un Mémoire en 1939.

Mathias avait été doyen de la Faculté des Sciences de Clermont de 1912 à 1919. Pendant la guerre de 1914, il organisa à l'observatoire de la plaine, qui venait d'être bâti, un hôpital auquel Mme Mathias et lui-même, cruellement frappés par la mort aux armées de leur fils aîné, consacrèrent leur dévoûment. Il fut élu Correspondant de l'Académie le 16 juin 1919. C'était un homme de grand cœur et de fine culture, se donnant tout entier à ses travaux. Il atteignit la limite d'âge en 1931, mais, se fixant au voisinage de l'observatoire qu'il avait créé, il continua dans la retraite, jusqu'à ses derniers jours, le labeur désintéressé et passionné qui a été la règle de toute sa vie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la saponification des amides.*
Note de MM. **Marcel Delépine** et **Marius Badoche**.

Nous avons montré qu'il existait deux acides époxy-2-6 heptane carboxyliques-3, respectivement à F 92° et 89°, ayant des amides à F 72° et 159°, dont la saponification alcaline régénérait un même acide, celui qui fond à 89°, tandis que la saponification acide régénère les acides initiaux (1). Il y avait donc en milieu alcalin une isomérisation qui ne s'était pas produite en milieu acide. Nous avions réservé notre explication. Celle-ci découle de l'existence d'une forme intermédiaire énol-amine commune aux deux amides.

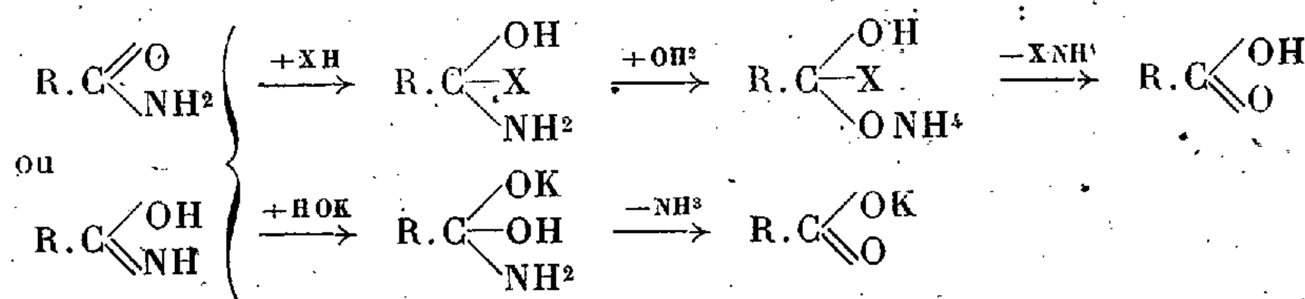
Les amides ayant les schémas (I) et (II) différant par les situations *cis* et *trans* de H et $CO.NH^2$ par rapport au plan de l'anneau, la forme commune sera (III) (abstraction faite des positions respectives de OH et NH^2, qui se placent dans le plan de l'anneau).



La forme (III) retourne soit à l'un, soit à l'autre des deux amides, soit aux deux; après saponification, on obtient soit un, soit deux acides. Dans notre cas, nous n'avions retrouvé qu'un seul acide, mais on aurait pu aussi bien en avoir deux; cela dépend de leur stabilité relative.

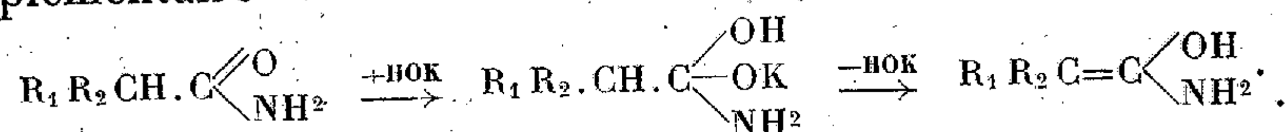
La forme énol-amine a été déjà invoquée par Dakin pour expliquer la racémisation des hydantoïnes actives et celle des protides; par Levene et ses collaborateurs à propos de la racémisation des peptides, des diacipipérazines, et surtout mise bien en évidence par Mac Kenzie et Smith à propos de la racémisation d'amides actifs, tels que le mandélamide $C^6H^5.CHOH.CO.NH^2$, etc. Mme Ramart y a eu recours à propos des propriétés spectrographiques de quelques malonamides, et Mlle Montagne pour élucider l'action des organomagnésiens sur le diéthylamide acétique $CH^3.CO.N(C^2H^5)^2$. Nous ne pouvons ici rapporter la bibliographie, que l'on trouvera ailleurs.

Dans nombre de travaux, on a eu surtout égard aux formes céto-amine $R.CO.NH^2$ ou imino-alcool R.C(OH)(:NH) (avec des radicaux ou non à la place des hydrogènes). De sorte que la saponification en milieu acide ou alcalin s'exprime par les schémas bien connus



(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 745.

Or il est vraisemblablement de nombreux cas où le radical R intervient, s'il contient un hydrogène suffisamment mobile à côté de la fonction amide. Il faut alors avoir recours, comme l'ont fait Mac Kenzie et Smith, à la possibilité supplémentaire



Cette possibilité devient une nécessité pour expliquer les racémisations mentionnées. Mais si c'est une nécessité, il ne faut pas en déduire que la possibilité se réalisera toujours. Ainsi $C^6H^5.CH(OH).CO.NH^2$, selon Mac Kenzie et Smith, se racémise, tandis que

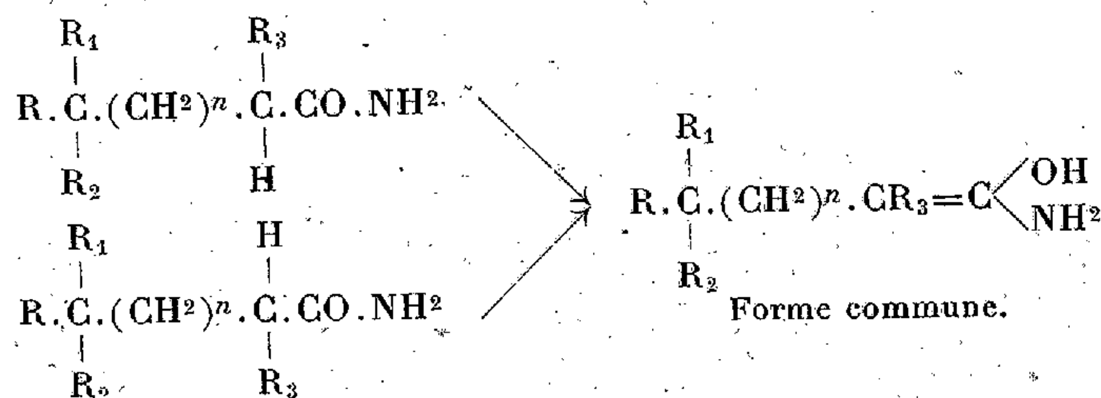


ne se racémisent pas. Notre attention ayant été attirée sur ces phénomènes à propos des amides époxy-2-6 heptane carboxyliques-3, nous avons voulu considérer les divers cas où l'on peut les déceler.

La caractéristique de la tautomérie énol-amine, c'est que le processus de saponification ne se révèle chimiquement que si la fonction amide est contiguë à un atome de carbone asymétrique ou à un atome appartenant à un cycle dans lequel elle peut prendre les positions *cis* ou *trans*, sans que la molécule ait alors besoin de posséder un ou plusieurs atomes asymétriques.

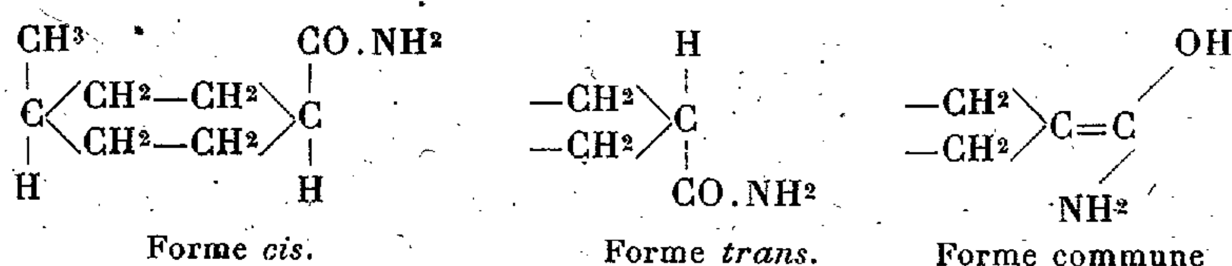
Pour expliciter, s'il n'y a qu'un atome de carbone asymétrique, la tautomérie énol-amine ne sera saisie que sur les corps pris à l'état actif, qui deviennent alors racémiques; l'amide ou l'acide racémiques se distingueront des corps actifs par l'absence de pouvoir rotatoire ou par d'autres propriétés physiques (point de fusion, solubilité, état d'hydratation etc.). Mais, si l'on partait d'un racémique, on ne saurait rien apercevoir, puisque ou l'amide ou l'acide seraient identiques aux points de départ. Cela suggère que le phénomène intervient sûrement aussi dans le cas d'un amide à structure symétrique $R_1R_1.CH.CO.NH^2$; mais nous ne saurions le dévoiler que par des réactions chimiques à trouver ou par des procédés physiques appropriés.

S'il y a plusieurs atomes de carbone asymétriques, après l'épimérisation de celui qui est contigu à la fonction amide, il subsiste d'autres formes distinctes, même s'il s'agit de racémiques, et il n'est pas nécessaire de partir de corps optiquement actifs. Notre exemple des acides époxy-2.6 heptane carboxyliques-3 est précisément un de ces cas. On peut écrire d'une façon générale



De la forme commune, on retournera à l'un ou à l'autre des amides ou aux deux, et, s'il y a saponification, à l'un ou à l'autre des acides générateurs ou aux deux. L'expression ci-dessus comprend des substances à chaîne normale ou cyclique, avec *n* variable ou nul.

Un dernier cas est celui où la fonction amide fait partie d'un système sans activité optique qui garde sa symétrie, alors qu'elle-même peut prendre des situations différentes en *cis* et en *trans*. Un exemple simple est celui d'un amide hexahydrobenzoïque substitué en para, comme l'acide hexahydro-*p*-toluique :



Forme *cis*. Forme *trans*. Forme commune

La transformation se révélera parce que l'un des amides se changera en l'autre, ou que l'acide d'arrivée sera différent de l'acide de départ (ces transformations pouvant être plus ou moins complètes).

Nous avons vérifié ces vues sous les diverses modalités indiquées : 1° avec l'amide et l'anilide de l'acide phényléthylacétique actif $(C^6H^5)(C^2H^5).CH.CO.NH^2$; 2° avec un amide F 198-199° d'une phényl-isosérine racémique $C^6H^5.CH(NH^2).CH(OH).CO.NH^2$; 3° avec les α-amides camphoriques et isocamphoriques actifs dont le cas rappelle celui des amides époxy-2.6 heptane carboxyliques-3 (ici l'activité optique n'était pas nécessaire, mais sa présence rendait le travail plus facile); 4° avec les amides hexahydro-*p*-toluiques *cis* et *trans* signalés ci-dessus.

Dans tous les cas, la saponification acide a redonné les acides générateurs, tandis que la saponification alcaline a ou racémisé, ou donné les deux acides possibles, parfois rien qu'un seul. De plus, nous avons vérifié que les alcalis ne modifiaient pas les acides dans les conditions de la saponification alcaline, de sorte que c'est bien la fonction amide qui entraîne les transformations observées.

Parmi les composés camphoriques, nous avons aussi examiné les amides β camphoriques, les méthylamides α et β, le diamide isocamphorique. L'action de l'eau et de l'acide chlorhydrique conduit à des phénomènes spéciaux (anhydride avec l'eau, imide avec l'acide chlorhydrique) qui se superposent à la saponification des amides camphoriques α et β. La saponification alcaline des amides α-camphorique et isocamphorique donne dans les deux cas un mélange d'acides camphorique et isocamphorique, c'est-à-dire que le réarrangement se fait dans les deux sens.

Nous ajouterons une simple remarque : comme l'ont indiqué Mac Kenzie et Smith, la racémisation (ou le passage par la forme commune) n'est pas nécessairement totale, de sorte que si saponification s'ensuit, une partie de la

substance peut se saponifier suivant le mode où l'hydrogène du CH n'intervient pas et les deux phénomènes se superposent. Dans le cas d'un composé actif à un seul atome de carbone, cela se traduit par une légère activité optique de l'acide obtenu; dans le cas des acides hexahydro-*p*-toluiques, ce sera par une formation des deux acides en quantités inégales, selon que l'on part de l'amide *cis* ou de l'amide *trans*. Ceci ne saurait être explicité que par des détails que nous ne pouvons donner ici.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation analytique des opérateurs linéaires dans l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia**.

1. J'ai antérieurement montré (1) que tout opérateur linéaire borné A de l'espace hilbertien $\mathcal{H}$ se représente dans tout $\mathcal{H}$ par la série

$$AX = \sum_{i=1}^{\infty} (\varphi_i, X) . A\varphi_i,$$

qui converge fortement pour tout vecteur $X = \Sigma(\varphi_i, X)\varphi_i$ de $\mathcal{H}$, les φ_i formant une base orthonormale complète quelconque de $\mathcal{H}$.

Pour les opérateurs A non bornés à *domaine d'existence* D_A *partout dense dans* $\mathcal{H}$, j'ai indiqué qu'on peut définir un noyau de convergence forte d_A formé des X où converge fortement la série $\Sigma(\varphi_i, X) A\varphi_i$, les φ_i formant un système orthonormal complet appartenant à D_A. On pourrait de même définir pour la série précédente un noyau de convergence faible contenant d_A et des noyaux de convergence uniforme contenus dans d_A. A partir de d_A on peut essayer d'atteindre D_A par des prolongements faisant ressortir des analogies et des différences intéressantes entre la *théorie des opérateurs linéaires dans* $\mathcal{H}$ et la *théorie weierstrassienne des fonctions analytiques* à une ou plusieurs variables, les opérateurs bornés jouant le rôle des fonctions entières (donc uniformes), les opérateurs non bornés jouant le rôle des fonctions analytiques non entières (uniformes ou multiformes). J'ai indiqué antérieurement (2) quelques-unes de ces analogies, et je reviendrai ultérieurement sur toutes ces questions, ainsi que sur les *représentations paramétriques bornées des opérateurs non bornés,* pour signaler quelques résultats nouveaux et assez généraux concernant les opérateurs non bornés; dans l'état actuel et fragmentaire de nos connaissances, ils ajoutent aux résultats que l'on possède déjà sur ces opérateurs, et l'on peut espérer progresser à la faveur des analogies signalées ici.

2. Le but de la présente Note est de montrer qu'on peut, en prolongeant en

---

(1) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 733-736, 829-832.
(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 1059-1062; 213, 1941, pp. 5-8.

quelque sorte par *ultraconvergence*, représenter analytiquement *dans tout son domaine d'existence* D_A, un opérateur linéaire *fermé* quelconque A, à l'aide d'une *série double fortement convergente dans tout* D_A, du type $\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty}(\varphi_{ik}, X).A\varphi_{ik}$, les φ_{ik} formant un système orthonormal complet de $\mathcal{H}$ appartenant à D_A. Je laisserai ici de côté les questions concernant le changement de l'ordre des termes, notamment l'inversion des signes de sommation de la série double.

On sait d'abord (von Neumann) qu'à tout opérateur linéaire fermé A est associé un opérateur auto-adjoint $H(H \equiv H^*)$, de même domaine d'existence D_A, $(H = \sqrt{A^*A})$, et tel que $A = BH$, B étant un opérateur borné qui transforme isométriquement Δ_H, domaine des valeurs de H, en Δ_A domaine des valeurs de A. En partant de la décomposition spectrale de H correspondant à la décomposition de l'unité fournie par la famille de projecteurs E_λ, et considérant la variété fermée $\mathfrak{M}_i$ lieu des $(E_{\lambda_i} - E_{\lambda_{i-1}})X$, $(\lambda_{i-1} < \lambda_i)$, on voit que H existe dans tout $\mathfrak{M}_i$, transforme $\mathfrak{M}_i$ en elle-même; H est dans $\mathfrak{M}_i$ un opérateur borné auto-adjoint. Intercalant entre $-\infty$ et $+\infty$ une suite λ_i ayant pour seules limites $-\infty$ et $+\infty$, on décompose (F. Riesz et Lorch) l'espace $\mathcal{H}$ en une suite infinie de $\mathfrak{M}_i$, deux à deux orthogonales, telles que $\mathcal{H} = \mathfrak{M}_1 \dotplus \mathfrak{M}_2 \dotplus \ldots$. Tout X de $\mathcal{H}$ s'écrit alors $X = \sum_{i=1}^{\infty} X_i = \sum P_{\mathfrak{M}_i} X$ et l'on a $HX = \sum_{i=1}^{\infty} HX_i$, série à termes orthogonaux fortement convergente dans tout le domaine $D_H = D_A$, qui se trouve défini par la convergence de $\Sigma\|HX_i\|^2$. B borné, étant isométrique dans Δ_H, les $AX_i = BHX_i$ sont orthogonaux, et $\Sigma\|AX_i\|^2 = \Sigma\|BHX_i\|^2 = \Sigma\|HX_i\|^2$ admet D_A pour domaine de convergence forte; on a donc

$$AX = BHX = \sum_{i=1}^{\infty} BHX_i = \sum_{i=1}^{\infty} AX_i,$$

série à termes orthogonaux dont D_A est le domaine de convergence forte, comme pour ΣHX_i.

Choisissons, dans $\mathfrak{M}_i$, une base orthonormale $\varphi_{ik}(k = 1, 2, \ldots, \infty)$; BHX_i, étant borné dans $\mathfrak{M}_i$, s'écrira

$$BHX_i = \sum_{k=1}^{\infty}(\varphi_{ik}, X_i).BH\varphi_{ik} = \sum_{k=1}^{\infty}(\varphi_{ik}, X).BH\varphi_{ik},$$

série fortement convergente dans $\mathfrak{M}_i$. En définitive

$$AX = \sum_{i=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty}(\varphi_{ik}, X).A\varphi_{ik} \tag{1}$$

est la représentation annoncée. Dans l'ordre de sommation indiqué, chacune des séries simples Σ_k est fortement convergente dans la $\mathfrak{M}_i$ correspondante, et la série Σ_i converge fortement dans tout D_A. L'ensemble des φ_{ik} est un système

orthonormal complet de $\mathcal{H}$, appartenant à D_A; il peut varier, d'abord avec le choix des $\mathfrak{M}_i$ (donc des λ_i), ensuite dans chaque $\mathfrak{M}_i$. Pour $i \neq j$, les $A\varphi_{ik}$ sont orthogonaux aux $A\varphi_{jk}$.

3. La représentation actuelle (1) est du même type que celle donnée pour les A bornés, $AX = \Sigma(\varphi_i, X).A\varphi_i$, les φ_i base orthonormale de $\mathcal{H}$; mais la série ne convergeant pas fortement dans tout $\mathcal{H}$, on a assuré cependant sa convergence forte et la représentation de AX dans tout D_A en *groupant par blocs* tels que $\sum_{k=1}^{\infty}(\varphi_{ik}, X).A\varphi_{ik}$, les termes correspondant aux φ_{ik} de chaque $\mathfrak{M}_i$; c'est exactement le phénomène *d'ultraconvergence* déjà signalé pour les séries de Taylor. Les variétés $\mathfrak{M}_i$ jouent ici le même rôle que les φ_i individuels pour les opérateurs bornés et la transformation actuelle de $X = \Sigma X_i = \Sigma P_{\mathfrak{M}_i}X$ en $AX = \Sigma AX_i = \Sigma AP_{\mathfrak{M}_i}X$, fortement convergente dans tout D_A, est de même nature que la transformation de $X = \Sigma(\varphi_i, X).\varphi_i = \Sigma P_{\varphi_i}X$ en $AX = \Sigma AP_{\varphi_i}X$, fortement convergente dans $\mathcal{H}$ lorsque A est borné. Pour A *fermé non borné*, à chaque $\mathfrak{M}$ correspond une borne M_i de A, telle que $\|AX\| \leq M_i\|X\|$, pour $X \in \mathfrak{M}_i$, mais *ces* M_i $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$ *n'ont pas de limite supérieure finie*, tandis que pour A borné, tous les M_i sont $\leq M_A$, borne de A dans $\mathcal{H}$, c'est ce fait qui restreint la convergence de $\Sigma\|AX_i\|^2$ et la convergence forte de ΣAX au domaine $D_A < \mathcal{H}$.

4. Réciproquement, étant donnée une suite quelconque de $\mathfrak{M}_i$ deux à deux orthogonales et sous-tendant $\mathcal{H}$ par leur ensemble, et dans chacune d'elles, la laissant invariante en bloc, un opérateur borné auto-adjoint H_i, de borne M_i, la suite M_i non limitée supérieurement; la série $HX = \Sigma H_iX_i$, à termes orthogonaux, fortement convergente dans tout le D_A défini par la convergence de $\Sigma\|H_iX_i\|^2$, définit dans D_A un opérateur auto-adjoint non borné HX en fonction de $X = \Sigma X_i = \Sigma P_{\mathfrak{M}_i}X$. Alors $AX = BHX$, où B, opérateur borné est isométrique dans $\Delta_{\bar{H}}$, fournit l'opérateur linéaire fermé A non borné le plus général. Pour définir B on peut se donner dans chaque $\mathfrak{M}_i$ (³) un opérateur isométrique B_i, *à condition que les transformées de* $\mathfrak{M}_i$ *et* $\mathfrak{M}_j$ $(i \neq j)$ *par* B_i *et* B_j *soient toujours orthogonales;* l'opérateur $BX = \Sigma B_iX_i$, défini par cette série fortement convergente dans tout $\mathcal{H}$, sera isométrique dans tout $\mathcal{H}$ et en particulier dans Δ_H.

BOTANIQUE. — *Le système sécréteur de diverses Rubiacées et spécialement des espèces du genre* Coffea. Note de MM. **Auguste Chevalier** et **Francis Chesnais**.

On connaît depuis longtemps les domaties foliaires qui se rencontrent chez la plupart des espèces du genre *Coffea*; elles s'observent aussi chez des espèces

(³) En définissant B_i isométrique dans $[\Delta_{H_i}]$ seulement, on obtiendra, par $BX = \Sigma B_iX_i$, les B plus généraux, isométriques seulement dans Δ_H, que requiert la question.

d'autres genres de Rubaciées tropicales plus ou moins voisines. Nous avons émis récemment l'hypothèse que les domaties que l'on observe sur les feuilles de diverses Juglandacées seraient des appareils régulateurs de la transpiration chez les arbres des forêts tropophiles. Toutefois il existe aussi chez quelques Juglandacées, chez *Carya amara* par exemple, dans la cavité domatiale, des papilles glandulaires qui sont des sortes de nectaires. Ces appareils sécrètent une oléo-résine qui forme parfois des points brillants à la surface des feuilles.

Dans le *Coffea*, il existe aussi des émergences glandulaires ou nectaires extra-floraux, mais ces appareils, au lieu d'être situés à la surface des feuilles, en dedans ou près des domaties, sont localisés en dedans des stipules folaires ou à l'intérieur des pièces caliculaires accompagnant les fleurs, lesquels calicules ne sont du reste que des stipules modifiées.

L. Marchand a signalé depuis longtemps (1864) ces glandes chez *Coffea arabica*. Il dit que ce sont à l'état adulte des poils creux, dépendant de l'épiderme supérieur de la stipule. « Ces poils » dit-il « naissent sur toute la face interne de la stipule. Ils gonflent, grossissent; ils contiennent un liquide granuleux qui transsude à travers leur paroi, les agglomère et forme à l'extérieur une masse gommo-résineuse [1]. »

La plupart des auteurs qui ont étudié des *Coffea* par la suite ont mentionné l'existence de ces organes chez tous les *Coffea*, mais aucun n'en n'a étudié la structure ni la genèse. J. Lebrun, récemment, les décrit [2] comme des glandes minuscules présentant la forme d'une massue, pédicellées : « les cellules du manchon central » dit-il « sont à protoplasma dense, à noyau volumineux, très apparemment sécrétrices : ces glandes émettent une sorte de vernis soluble dans l'alcool ».

L'existence de ces glandes est générale chez toutes les espèces du genre *Coffea*, tel que l'un de nous l'a défini. Ce sont des émergences sécrétrices laissant exsuder dans leur jeunesse un liquide gluant qui se concrète en une masse cireuse d'un jaune clair. Nous donnons à ces organes le nom de *cérocystes*. Ils sont en forme de massue et présentent trois parties : un pédicelle cylindrique plus ou moins long, mais n'excédant pas en général le tiers de la longueur totale de l'organe; une zone axiale de cellules allongées longitudinalement, prolongeant le pédicelle; et autour de cet axe, disposées radialement, une assise de longues cellules polyédriques, puis cylindriques, étalées normalement, pouvant laisser entre elles des méats; l'extrémité de ces cellules est libre et elles sont étalées en papilles. Des coupes pratiquées dans un bourgeon jeune de *Coffea myrtifolia* Roxb. montrent le jeune cérocyste sous la forme d'une

---

(1) *Recherches organographiques et organogéniques sur le* Coffea arabica, Paris, 1864, p. 18.

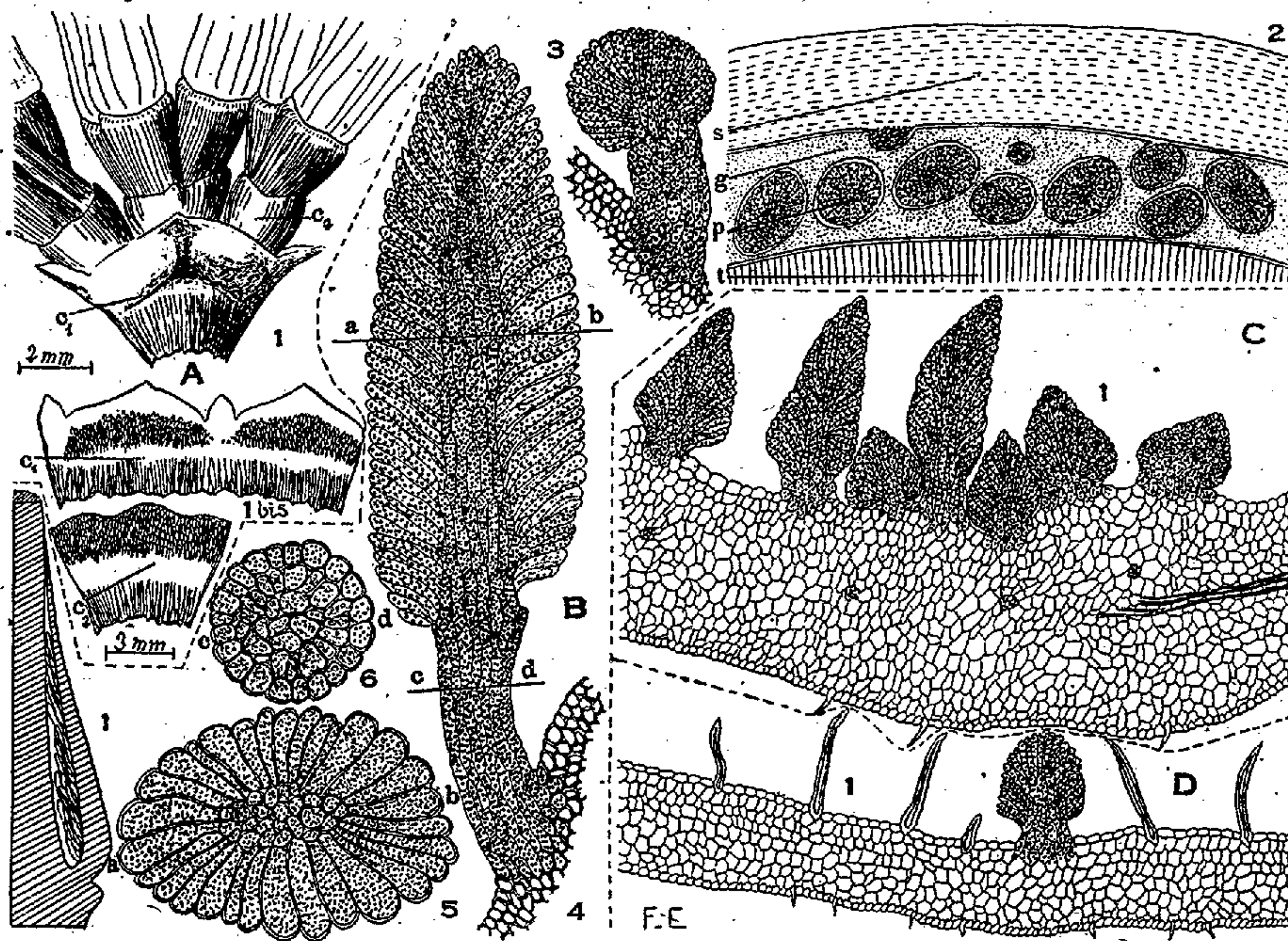
(2) *Recherches morphologiques et systématiques sur les Caféiers du Congo,* Bruxelles, 1941, cf. p. 15.

petite mûre; la zone axiale est d'abord courte; elle dérive du mésophylle supérieur de la stipule dont les cellules s'étirent, s'allongent et prolifèrent dans une direction oblique à la surface de la stipule; il se produit un mouvement d'étirement des cellules amorcé dès la deuxième et troisième assise sous-jacente de l'épiderme. Celui-ci exécute le même mouvement et, dès la base du cérocyste, l'assise épidermique allonge ses cellules perpendiculairement à la zone axiale en longues papilles soudées à la base et libres à l'extrémité. En même temps les cellules de l'axe central prennent un contenu trouble et granuleux. Du reste, des cellules analogues et de taille normale et à contenu trouble ou granuleux existent en grand nombre dans les stipules, les feuilles et dans le parenchyme cortical des jeunes tiges. C'est dans ces cellules spéciales que s'élabore la substance exsudée; les papilles extérieures n'ont pas de rôle sécréteur. On ne trouve jamais dans les tissus jeunes de contenu granuleux dans l'épiderme ni dans l'assise cellulaire périphérique du pédicelle du cérocyste, ni dans les papilles d'origine épidermique qui sont de simples poils unicellulaires mélangés aux émergences sécrétrices. Sur les organes âgés tout finit par se colorer par la substance qui est sécrétée et qui diffuse au travers des parois, mais l'axe reste toujours plus sombre; la paroi cellulaire séparant celui-ci des papilles extérieures doit jouer le rôle de filtre vis-à-vis des granules; néanmoins le contenu est peu à peu diffusé à l'extérieur en passant par les papilles; il s'accumule sous forme de substance mucilagineuse agglutinant les cérocystes et qui se condense à l'extérieur sous forme d'une petite larme céro-gommeuse surmontant le bourgeon avant l'épanouissement des feuilles ou formant un vernis à la base des jeunes groupes de fleurs. Le dessin ci-après permet de comprendre mieux qu'une longue explication la disposition et l'organisation des cérocystes des *Coffea*.

Nous avons observé des organes tout à fait identiques dans d'autres Rubiacées ligneuses tropicales, en dedans des stipules et des calicules de plusieurs espèces de *Gardenia* africains vivant dans la forêt et les galeries forestières, notamment *G. imperialis* K. Schum. et *G. fernandensis* Hiern et dans un *Tricalysia*, *T. spathicalyx* (K. Schum.) Chev. Le produit excrété par ces plantes comme par les *Coffea* se présente sous forme de vernis ou de petites perles solides jaunâtres recouvrant les jeunes bourgeons et semblant les protéger de la dessiccation s'il survient un vent NE, asséchant, au moment où les jeunes feuilles s'épanouissent.

La substance excrétée et figée sur les bourgeons a une cassure vitreuse; elle ne s'imbibe pas par l'eau comme les gommes arabiques; vers 35 à 40° chez les *Coffea* et 55 à 60° chez les *Gardenia*, elle présente une fusion pâteuse comme les cires. Prise dans cet état et ramenée à la température ordinaire, elle se fige rapidement. Par combustion ou par fusion elle ne dégage aucune odeur aromatique, comme cela a lieu pour les résines et élémis. En outre le produit des *Gardenia* est peu soluble dans l'alcool à froid, mais il présente une certaine

solubilité à chaud; cette solution alcoolique est immiscible à l'eau avec laquelle elle donne un précipité jaune opalescent; enfin elle est soluble à froid dans le chloroforme qui est un solvant des lipides. Nous n'avons pu effectuer ces trois derniers essais avec les *Coffea*, car la matière excrétée est trop peu abondante, mais la propriété de fondre à une faible température qui est commune à toutes les plantes examinées semble indiquer qu'il s'agit d'une substance assimilable



Système glandulaire stipulaire et caliculaire des Coffea.

A. *C. liberica* Hiern. — 1, base de l'inflorescence : c_1, c_2, calicules; 1 *bis*, c_1, c_2, calicules étalés montrant la zone glandulaire. B. *C. canephora* Pierre. — 1, schéma de la stipule portant les cérocystes, appliquée contre la tige; 2, coupe longitudinale de la région glandulaire (schématique) : *s*, stipule; *p*, cérocyste; *g*, gangue cireuse; *t*. tige. 3, un cérocyste (× 70); 4, cérocyste adulte (× 70). 5, coupe transversale du cérocyste suivant *ab* (× 150); 6, coupe transversale du pédicelle du cérocyste suivant *cd* (× 150). C. *C. resinosa* Hook. f. Rodk. — 1, coupe transversale du calicule (× 60). D. *C. Bertrandi* A. Chev. — 1, coupe transversale du calicule le plus externe (× 60).

aux *cérides* et plus ou moins analogue à la cire excrétée par les fruits de diverses espèces du genre *Myrica*. Le rôle de cet excrétat semble être de protéger les parties très jeunes des plantes contre les coups brusques de sécheresse, les espèces portant des cérocystes étant essentiellement tropophiles. En outre, l'excrétat, quand il est encore à l'état mucilagineux, forme une sorte de miellée sur les organes jeunes qui attire les fourmis, les cochenilles et certains pucerons.

En définitive, les cérocystes nous semblent être des sortes de nectaires extra-floraux; les cellules spéciales du mésophylle permettent aussi l'excrétion par les jeunes feuilles chez certaines espèces (*Gardenia Jovistonantis* Hiern etc.) d'une miellée qui se concrète sous forme d'un vernis cireux sur les jeunes feuilles au début de la période de végétation.

M. Maurice Javillier fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de MM. Paul Meunier et Yves Raoul intitulé *Le diagnostic chimique des avitaminoses. Techniques actuelles*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Th. Angheluță și P. Sergescu, *Comemorarea ilustrilor matematicieni* Émile Picard *și* Henri Lebesgue ;

2° Raymond Furon. *Géologie de l'Inde orientale française*.

3° R. Goloubinow. *Existence, exploitabilité et prospection des roches aurifères*.

4° *Conférences sur l'organisation du travail*, par Jean Chevalier, Georges Rimond, Robert Satet, Georges Béquart, L. Danty-Lafrance, Hyacinthe Dubreuil.

ALGÈBRE. — *Sur la théorie de Galois des corps non galoisiens séparables.* Note (¹) de M. Léo Kaloujnine, présentée par M. Paul Montel.

F. Marty et M. Marc Krasner ont montré qu'il est possible de généraliser la théorie de Galois pour les extensions algébriques séparables, mais pas nécessairement galoisiennes. Ils se sont servis à cet effet d'une généralisation de la notion de groupe appelée par Marty *hypergroupe* (²) (connue aussi sous le nom de *multigroupe*). Cette théorie a permis d'aborder la tâche importante d'une généralisation de la théorie de corps de classes pour les extensions algébriques non abéliennes, ce qui a été fait par M. Krasner dans plusieurs Mémoires.

Pour la définition de l'hypergroupe attaché à une extension algébrique finie, comme pour la démonstration de ses propriétés, il fallait chaque fois raisonner sur un corps galoisien contenant le corps en question. Je me propose de donner ici une définition *intrinsèque* de l'hypergroupe attaché à une extension algébrique finie et séparable, mais non galoisienne. Les éléments de cet hypergroupe pourront être interprétés comme une généralisation de l'automorphisme du corps en question, que j'appellerai *hypermorphisme*.

Soit $K = k(\vartheta)$ une extension algébrique séparable et de degré n d'un corps k et soit $F(x)$ le polynome irréductible en k dont ϑ est un des zéros. K peut être considéré comme un système hypercomplexe sur le corps k. Il admet donc une

---

(¹) Séance du 16 février 1942.

(²) *Comptes rendus du Congrès de Stockholm*, 1934, p. 45.

représentation régulière [3] sous forme de matrices de degré n à coefficients appartenant à k. Cette représentation irréductible en k peut devenir complètement réductible si l'on effectue une extension algébrique de k. L'adjonction de ϑ permet une réduction de la représentation en une forme qui contient au moins une représentation de degré 1, la représentation identique $\vartheta \to \vartheta$. Les autres représentations irréductibles en K, qui sont aussi contenues dans la représentation régulière, correspondent aux polynomes irréductibles en lesquels se décompose le polynome $F(x)$ [4]. Toutes ces représentations font correspondre aux éléments de k des matrices de la forme aE_m, E_m étant la matrice-unité de degré m. J'appelle *hypermorphismes* de K les isomorphismes de K avec des représentations à coefficients appartenant à K et irréductibles. Ces hypermorphismes seront désignés par les lettres ρ, σ, τ, ... J'envisage ceux d'entre eux qui transforment les éléments de k en matrices de la forme aE_m. Deux de ces isomorphismes seront considérés comme identiques s'ils font correspondre aux éléments de K des matrices équivalentes [5].

Ceci posé, supposons que σ fasse correspondre une matrice A à un élément a de K. Les coefficients de A sont eux aussi des éléments de K. Un autre hypermorphisme τ fait correspondre des matrices à chacun de ces coefficients. Si l'on substitue ces matrices à la place de ces coefficients, et cela pour tous les éléments a de K, on obtient une représentation de K. On peut démontrer facilement qu'en choisissant pour σ et pour τ des représentations équivalentes, on obtient des représentations composées également équivalentes. Par une transformation appropriée, cette représentation se décompose en représentations irréductibles. L'ensemble de ces représentations irréductibles sera par définition le produit $\tau\sigma$. Les hypermorphismes organisés d'après cette loi de composition forment alors un hypergroupe, c'est-à-dire un ensemble H assujetti aux axiomes suivants :

1° Le produit de deux éléments c_1, c_2 de l'ensemble est un sous-ensemble de H non vide;

2° $\Sigma c c_3 = \Sigma c_1 c$; $c \in c_1 c_2$, $c \in c_2 c_3$;

3° c_1, c_2 étant un couple quelconque, il existe un élément c tel que $c_2 \in c_1 c$ est un élément c' tel que $c_2 \in c' c_1$.

---

[3] On obtient cette représentation de la manière suivante. Soit $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ une base de (K/k), et soit a un élément de K. On a

$$a\omega_\nu = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\nu\mu}\omega_\mu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n;\ a_{\nu\mu} \in k).$$

La correspondance $a \to (a_{\nu\mu})$ est ce qu'on appelle une représentation régulière de K en k.

[4] Voir Max Deuring, *Algebren*.

[5] Un ensemble de matrices est équivalent à un autre s'il contient les transformées de ces matrices par une matrice fixe.

On peut facilement démontrer ces propriétés des hypermorphismes sans passer au corps galoisien. De même, on peut établir une généralisation du théorème de Galois, à savoir une correspondance entre les corps intermédiaires entre K et k et les sous-hypergroupes d'hypergroupes d'hypermorphismes de K par rapport à k.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une généralisation des espaces de Finsler.* Note (1) de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

La présente Note contient une extension de résultats publiés dans une Note antérieure (2).

Exemple de calcul des variations non holonome. — Sur une variété analytique V dont le point courant P admet les coordonnées x^λ, donnons-nous une fonction $ds = L(P, dP)$ homogène et du premier degré par rapport aux dx^i et une forme différentielle linéaire non intégrable :

$$\omega(P, dP) = J_\lambda(P)\, dx^\lambda.$$

Soient C une courbe quelconque tracée dans la variété, ε un nombre fixe arbitrairement petit et considérons l'intégrale :

$$\sigma = \int_M^N \left[\exp \int_M^P \omega(P, dP)\right] L(P, dP)$$

calculée sur un arc MN du contour C de longueur euclidienne inférieure à ε. Proposons-nous de calculer la variation de l'intégrale σ quand on varie l'arc joignant M à N en substituant au point courant P, le point

$$P + \delta P = P + \varepsilon Q,$$

où Q est arbitraire mais s'annule en M et N. A des termes d'ordre supérieur près en ε, la variation de σ peut se mettre sous la forme

$$\int_M^N \left[\exp \int_M^P \omega(P, dP)\right] \left[\left\{\omega(P, \delta P) + \int_M^P \delta\omega\right\} L + \delta L\right],$$

et la partie principale de cette variation s'écrit

$$\delta\sigma = \int_M^N [\omega(P, \delta P) L + \delta L].$$

A $\delta\sigma$ nous donnerons le nom de variation première généralisée de l'intégrale σ. Les lignes C pour lesquelles cette variation est identiquement nulle seront dites les extrémales du problème aux variations non holonome associé

(1) Séance du 16 mars 1942.

(2) Lichnerowicz, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 328.

à l'intégrale σ. Ces extrémales satisfont aux équations d'Euler généralisées

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{x}^\lambda} - \frac{\partial L}{\partial x^\lambda} = LJ_\lambda \qquad \left(\dot{x}^\lambda = \frac{dx^\lambda}{dt}\right).$$

Il est clair que l'on peut substituer à $\exp \int_M^P \omega(P, dP)$ une fonctionnelle continue plus générale.

Espaces de Finsler généralisés. — Considérons la variété d'éléments de contact définis par P et dP. Nous nous proposons de douer cette variété d'une connexion euclidienne attachée d'une manière intrinsèque au problème de calcul des variations non holonome que nous nous sommes posé. L'espace correspondant à une telle connexion apparaît comme une généralisation de l'espace de Finsler attaché à la fonction L. Les notations utilisées sont celles de Cartan [3]

Nous partirons d'un résultat récemment établi par Varga [4]; soit

$$\text{(S)} \qquad x^\lambda = x^\lambda(t), \qquad \dot{x}^\lambda = \dot{x}^\lambda(t)$$

une suite continûment différentiable d'éléments de contact. Dans l'espace de Finsler attaché à L, la différentielle absolue d'un vecteur donné le long de S est égale à la différentielle absolue du même vecteur dans l'espace de Riemann osculateur le long de S. Par suite, pour définir la différentielle absolue dans l'espace de Finsler généralisé E attaché à ω et L, il nous suffira de remplacer l'espace de Riemann par un espace à connexion semi-symétrique qui sera dit *osculateur* le long de S à l'espace E. A la suite S correspond une famille à un paramètre d'extrémales C admettant les éléments de contact de S; intégrons cette famille dans une famille d'extrémales qui recouvre une fois un domaine Dn dimensionnel de l'espace ponctuel des P. A chaque point P de D correspond ainsi une direction bien déterminée tangente à l'extrémale passant par ce point; si l'on norme au moyen de L, le vecteur définissant cette direction, on obtient un champ de vecteurs *unitaires* défini dans D, $r^\alpha = r^\alpha(x^1, x^2, \ldots, x^n)$. Considérons alors les fonctions $\overset{\circ}{g}_{\lambda\mu}(x^1, x^2, \ldots, x^n)$ définies par

$$\overset{\circ}{g}_{\lambda\mu}(P) = g_{\lambda\mu}[P, r(P)].$$

A la forme quadratique $\overset{\circ}{g}_{\lambda\mu}dx^\lambda dx^\mu$ et à la forme linéaire ω, correspond un espace à connexion semi-symétrique dont nous désignerons par $\overset{\circ}{\Pi}{}^\nu_{\lambda\mu}$ les coefficients de la connexion. Il vient

$$\overset{\circ}{\Pi}{}^\nu_{\lambda\mu} = \Pi^\nu_{\lambda\mu} + \frac{1}{2} g^{\nu\rho}\left(\frac{\partial g_\lambda}{\partial r^\alpha}\frac{\partial r^\alpha}{\partial x^\mu} + \frac{\partial g_\mu}{\partial r^\alpha}\frac{\partial r^\alpha}{\partial x^\lambda} - \frac{\partial g_{\lambda\mu}}{\partial r^\alpha}\frac{\partial r^\alpha}{\partial x^\rho}\right),$$

$$\Pi^\nu_{\lambda\mu} = \left\{{}^{\lambda\mu}_{\nu}\right\} + J_\lambda g^\nu_\mu - J^\nu g_{\lambda\mu}.$$

---

[3] *Les espaces de Finsler* (*Actual. sc. et ind.*, 79, 1934, pp. 15-17).

[4] *Math. Phys.*, 50, 1941, p. 165-175.

On peut montrer que, dans cet espace à connexion semi-symétrique, les vecteurs r^α demeurent parallèles à eux-mêmes tout le long de S, de telle sorte que, tout le long de S,

$$\partial_\mu r^\nu + \overset{0}{\Pi}{}^\nu_{\lambda\mu} r^\lambda = 0. \tag{I}$$

Soit alors v^ν un champ de vecteurs arbitraire défini le long de S. La différentielle absolue dans E du vecteur v^ν sera par définition :

$$\nabla v^\nu = dv^\nu + \overset{0}{\Pi}{}^\nu_{\lambda\mu} v^\lambda \, dx^\mu$$

et, en tenant compte de l'identité (I), elle peut être mise sous la forme

$$\nabla v^\nu = dv^\nu + C^{*\nu}_{\lambda\mu} v^\lambda \, dx^\mu + \Gamma^{*\nu}_{\lambda\mu} v^\lambda \, dx^\mu$$

avec

$$C^{*\nu}_{\lambda\mu} = C^\nu_{\lambda\mu} = g^{\nu\rho} C_{\lambda\rho\mu} = \frac{1}{2} g^{\nu\rho} \dot{\partial}_\mu g_{\lambda\rho},$$

$$\Gamma^{*\nu}_{\lambda\mu} = g^{\nu\rho} \Gamma^*_{\lambda\rho\mu} = g^{\nu\rho} [\Pi_{\lambda\rho\mu} + C_{\lambda\mu\alpha} \dot{\partial}_\rho G^{*\alpha} - C_{\rho\mu\alpha} \dot{\partial}_\lambda G^{*\alpha}],$$

$$2 G^{*\nu} = 2 G^\nu + (J_\lambda g^\nu_\mu - J^\nu g_{\lambda\mu}) \dot{x}^\lambda \dot{x}^\mu.$$

Dans la connexion avec torsion ainsi définie, les extrémales C se développent sur l'espace euclidien selon les droites.

MÉCANIQUE. — *Dualité des mécanismes d'autooscillation.* Note (1) de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Henri Villat.

On croit généralement que, pour faire autoosciller un circuit résonant, il est nécessaire et suffisant d'y introduire une résistance négative convenablement dosée. L'objet de la présente Note est de montrer qu'il n'en est rien : si une résistance négative suffisante parvient toujours à faire naître l'autooscillation, elle n'est nullement nécessaire; dès qu'on envisage un système à plus de un degré de liberté, on trouve un autre mécanisme capable de déclencher l'autooscillation et consistant à faire tendre l'une vers l'autre deux fréquences propres du système. S'il n'y a aucune résistance positive ou négative dans le montage, l'instabilité, provoquant l'oscillation avec amplitudes exponentiellement croissantes si le système est linéaire, naît au moment où les deux fréquences se confondent. S'il y a des résistances, chose curieuse, l'instabilité provenant de cette cause se déclenche encore plus facilement. On rappellera d'ailleurs que les couplages dits passifs (par induction mutuelle, par capacité, par inertie, par élasticité, ou mixtes, ou gyroscopiques, ou électromagnétiques) jouissent tous de la propriété d'écarter les fréquences propres. Pour obtenir l'autooscillation par le nouveau mécanisme que nous allons décrire, il sera donc nécessaire de disposer de

(1) Séance du 2 mars 1942.

couplages dissymétriques, exprimant l'effet de forces ne dérivant pas d'un potentiel, et capables de transférer au système une énergie tirée d'une source extérieure.

Raisonnons sur un système linéaire à deux degrés de liberté (deux pendules couplés ou deux circuits résonants couplés). Les différentes variables dépendent du temps par une équation différentielle du quatrième ordre, et, si l'on pose qu'elles obéissent à la loi e^{pt}, p devra être racine de l'équation du quatrième degré

$$a_0p^4 + a_1p^3 + a_2p^2 + a_3p + a_4 = 0, \tag{1}$$

$a_0, \ldots, a_4$ étant des coefficients constants, dépendant d'un ou plusieurs paramètres, et caractérisant le problème. Si les quatre racines ont leur partie réelle négative, le système est amorti; sinon, il est autooscillant. Les conditions pour le cas amorti sont :

1° tous les coefficients positifs;

2° $$H = a_0\left[\frac{a_2}{a_0} - \frac{a_3}{a_1}\right] > 0, \qquad K = a_1\left[\frac{a_3}{a_1} - \frac{\dfrac{a_4}{a_0}}{\dfrac{a_2}{a_0} - \dfrac{a_3}{a_1}}\right] > 0 \qquad \text{(conditions de Routh).}$$

On sait que les forces de résistance dans le système contribuent à créer les coefficients a_1, a_3, qui leur sont proportionnels, mais n'interviennent que comme corrections du second ordre dans a_0, a_2, a_4. Or on remarque que les conditions limites d'entretien $H = 0$ ou $K = 0$ peuvent être satisfaites non seulement en annulant a_3 ou a_1 (c'est l'autooscillation par apparition de résistance négative), mais encore en réglant en conséquence le *rapport* a_3/a_1 qui, lui, est indépendant de la grandeur des forces de résistance.

Ceci suggère d'examiner directement ce qui se passe lorsqu'il n'y a pas de résistances : $a_1 = a_3 = 0$. L'équation (1) a alors deux racines négatives $p^2 = -\omega_1^2, -\omega_2^2$ qui donnent les carrés des pulsations propres, à condition que $(a_2/a_0)^2 - 4a_4/a_0 \geq 0$. Mais si cette expression devient négative, on a deux valeurs imaginaires en p^2, qui conduisent pour p à quatre valeurs dont deux ont leur partie réelle positive. A la limite, le discriminant étant nul, on avait deux fréquences propres confondues : *c'est l'autooscillation par confusion de deux fréquences propres.*

En quoi l'existence de résistances influe-t-elle sur cet effet ? Pour le voir, reportons-nous aux conditions de Routh; supposons $H > 0$, il faut alors, si l'on pose $a_3/a_1 = \mu a_2/a_0$, que μ soit compris entre 0 et 1, ce qui implique l'idée d'un certain dosage des résistances entre les termes du troisième et du premier degré. La condition limite d'entretien sera alors $K = 0$, soit

$$a_1\left[\left(\frac{a_2}{a_0}\right)^2 \mu(1-\mu) - \frac{a_4}{a_0}\right] = 0.$$

Or $\mu(1-\mu)$ est constamment inférieur à sa valeur maxima $1/4$. On voit

donc que, dès qu'il y a des résistances, la condition d'autooscillation $K = 0$ est d'autant plus facile à satisfaire (indépendamment du reste de la grandeur de ces résistances, seulement par suite de leur répartition), sauf le cas particulier où $\mu = 1/2$, où l'on retrouve la condition pure par confusion des fréquences propres. Nous entendons par là que le nombre positif $(a_2/a_0)^2$ devrait atteindre pour empêcher l'autooscillation une valeur plus grande en présence de résistances qu'en leur absence.

Ce mécanisme d'autooscillation par confusion de deux fréquences propres a été rencontré sur des cas particuliers, il n'a jamais été nettement reconnu, ni surtout sa dépendance très limitée à l'égard des résistances; ainsi que l'effet systématiquement nuisible de celles-ci sur la stabilité ne semblent pas avoir été signalés.

Pour en donner un exemple, considérons deux circuits électriques résonnants couplés par induction mutuelle; la tension aux bornes du condensateur du second circuit alimente un fort amplificateur qui, par une très petite résistance (négligeable en tant qu'impédance), réinjecte en série dans le premier circuit une force électromotrice proportionnelle mais opposée. La mise en équation du problème montre qu'on obtient l'autooscillation par confusion des deux fréquences propres, en réglant le degré d'amplification.

Un exemple mécanique est offert par une aile d'avion vibrant en flexion et torsion (premier et deuxième circuit). Supposons que l'axe élastique de l'aile coïncide avec son *foyer* aérodynamique : une torsion engendrera une variation de portance qui, sans effet sur la torsion elle-même, fera cependant fléchir l'aile (c'est la réaction sur le premier circuit). L'ampleur de cette réaction de la torsion sur la flexion dépend de la vitesse de l'avion. On calcule une vitesse critique, où l'aile devient instable, entre en autooscillation et casse. Il est intéressant, pensons-nous, d'avoir reconnu que les résistances passives dans la structure ne pouvaient qu'aggraver le risque.

Dans beaucoup d'autres problèmes techniques, la tendance à l'autooscillation par confusion des fréquences propres existe à l'état de couplage parasite, plus ou moins caché, et qui se manifeste par le fait que la fréquence qui s'établit dépend plus ou moins du mécanisme de réaction. La stabilisation de fréquence d'un oscillateur, en radioélectricité, consiste en fait à éliminer ce couplage parasite, pour ramener sur le circuit oscillant une résistance négative pure.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation d'un théorème de Schwarz.* Note (1) de M. **Georges Biben**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons étudié (2) la généralisation de la méthode de Schwarz. Formons avec lui une première suite de fonctions $u_1, u_2, \ldots, u_n$ de la manière suivante :

(1) Séance du 9 mars 1942.
(2) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 350.

Ces fonctions prennent toutes les valeurs zéro aux divers points de la frontière F du domaine D, et elles vérifient, à l'intérieur de ce domaine, les équations

$$(1)\qquad \Delta_2 u_1 + P = 0, \qquad \Delta_2 u_2 + P u_1 = 0, \qquad \ldots, \qquad \Delta_2 u_n + P u_{n-1} = 0.$$

Formons ensuite une suite de constantes W_0, W_1, ..., W_n déterminées par les formules

$$(2)\qquad W_0 = \int_D P(\chi)\, d\mathrm{T}, \qquad W_1 = \int_D P(\chi) u_1\, d\mathrm{T}, \qquad \ldots, \qquad W_n = \int_D P(\chi) u_n\, d\mathrm{T}.$$

Nous désignerons, avec M. Giraud, par $P(\chi)$ la fonction donnée des coordonnées x^1, x^2, ..., x^n.

Considérons maintenant l'expression

$$(3)\qquad \int_D P(\chi) u_1 u_{n-1}\, d\mathrm{T};$$

en vertu de l'équation $\Delta_2 u_n + P u_{n-1} = 0$, cette expression s'écrira sous la forme

$$-\int_D u_1 \Delta_2 u_n\, d\mathrm{T}.$$

Or on sait, depuis les *Leçons* de Darboux, qu'on a la relation

$$\int_D \Delta_1(u_n, u_1)\, d\mathrm{T} = -\int_F u_1 \frac{\partial u_n}{\partial n}\, d\sigma - \int_D u_1 \Delta_2 u_n\, d\mathrm{T}.$$

Si l'on admet, ainsi que nous l'avons fait dans une autre Note ([3]), la symétrie entre $\Delta_1(u, v)$ et $\Delta_1(v, u)$, nous aurons, à cause de la relation

$$\int_D \Delta_1(u_1, u_n)\, d\mathrm{T} = -\int_F u_n \frac{\partial u_1}{\partial n}\, d\sigma - \int_D u_n \Delta_2 u_1\, d\mathrm{T},$$

l'identité

$$\int_D (u_n \Delta_2 u_1 - u_1 \Delta_2 u_n)\, d\mathrm{T} + \int_F \left(u_n \frac{\partial u_1}{\partial n} - u_1 \frac{\partial u_n}{\partial n}\right) d\sigma = 0.$$

Comme les fonctions u_1 et u_n doivent s'annuler sur la frontière F du domaine D, l'expression (3) s'écrira

$$\int_D P(\chi) u_1 u_{n-1}\, d\mathrm{T} = -\int_D u_n \Delta_2 u_1\, d\mathrm{T};$$

or

$$\Delta_2 u_1 = -P(\chi)$$

et, par suite,

$$\int_D P(\chi) u_1 u_{n-1}\, d\mathrm{T} = \int_D P(\chi)\, u_n\, d\mathrm{T} = W_n.$$

On établirait de même que l'on a, pour toute valeur de k, inférieure ou

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 773.

égale à n (à condition de poser $u_0 = 1$),

(4) $$W_n = \int_D P(\chi) u_k u_{n-k}\, dT.$$

La formule (4) nous permet d'obtenir une autre expression remarquable de la constante W_n. En effet, puisque

$$\Delta_2 u_{k+1} + P(\chi) u_k = 0,$$

on peut écrire

$$W_n = -\int_D u_{n-k} \Delta_2 u_{k+1}\, dT.$$

Or nous savons que

$$\int_D \Delta_1(u_{k+1}, u_{n-k})\, dT = -\int_F u_{n-k} \frac{\partial u_{k+1}}{\partial n}\, d\sigma - \int_D u_{n-k} \Delta_2 U_{k+1}\, dT$$

et, puisque $u_{n-k} = 0$ sur la frontière F du domaine D,

(5) $$W_n = \int_D \Delta_1(u_{k+1}, u_{n-k})\, dT.$$

Soient α et β deux quantités quelconques indépendantes des variables x^1, x^2, ..., x^n. L'intégrale

(6) $$\int_D P(\chi)[\alpha u_n + \beta u_{n+1}]^2\, dT$$

devra être positive pour toutes les valeurs de α et de β, sauf pour $\alpha = 0$, $\beta = 0$. Ceci donne, en tenant compte de (4),

$$\int_D P(\chi)[\alpha u_n + \beta u_{n+1}]^2\, dT = \alpha^2 W_{2n} + 2\alpha\beta W_{2n+1} + \beta^2 W_{2n+2},$$

et, comme cette quantité devra être positive pour toutes les valeurs de α et de β, sauf pour $\alpha = 0$, $\beta = 0$, cela exige que

$$W_{2n} W_{2n+2} - W_{2n+1}^2 > 0,$$

ce qui entraîne (puisque l'on démontre que les quantités W_n sont toutes positives)

(7) $$\frac{W_{2n+1}}{W_{2n}} < \frac{W_{2n+2}}{W_{2n+1}}.$$

Or nous avons vu que l'intégrale de Dirichlet généralisée

$$\int_D \Delta_1 U\, dT = \int_D \left(\frac{dU}{d\sqrt{T}}\right)^2 dT$$

était positive.

En posant

$$U = \alpha u_n + \beta u_{n+1},$$

on obtient, en tenant compte de (5),

$$\int_D \Delta_1 U\, dT = \alpha^2 W_{2n-1} + 2\alpha\beta W_{2n} + \beta^2 W_{2n+1}.$$

Cette quantité devra être positive pour toutes valeurs de α et β, sauf pour α et $\beta = 0$, ce qui entraîne

$$W_{2n-1}W_{2n+1} - W_{2n}^2 > 0,$$

et par suite

$$\frac{W_{2n}}{W_{2n-1}} < \frac{W_{2n+1}}{W_{2n}}. \tag{8}$$

Les inégalités (7) et (8) nous donnent alors

$$\frac{W_{2n}}{W_{2n-1}} < \frac{W_{2n+1}}{W_{2n}} < \frac{W_{2n+2}}{W_{2n+1}}, \tag{9}$$

et par suite

$$\frac{W_1}{W_0} < \frac{W_2}{W_0} < \ldots < \frac{W_{n+1}}{W_n}.$$

En conclusion, le rapport positif W_{n+1}/W_n va toujours croissant avec l'indice n.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie des particules matérielles et en particulier sur les électrons de spin 1/2.* Note (1) de M. **Alexandre Proca.**

Il est admis aujourd'hui que les équations-types relativistes, à savoir l'équation de Dirac (spins demi-entiers) et l'équation du méson (spins entiers), représentent correctement les caractéristiques essentielles des particules correspondantes. Or on peut se demander si ces équations épuisent effectivement les possibilités de description que nous offre le cadre relativiste; ou, si l'on préfère, on peut se demander s'il n'existe pas dans la nature des particules de même spin et de même masse que les précédentes, mais ayant des propriétés plus générales.

Des arguments d'ordre physique d'une part et d'ordre analytique de l'autre semblent indiquer clairement la possibilité d'existence de pareilles particules.

Du point de vue purement physique, en effet, on peut remarquer que l'électron de Dirac, par exemple, tout en étant doué d'un spin, *ne possède pas d'énergie de rotation.* Cet électron, qui n'est pas l'analogue d'un point matériel classique puisqu'il possède un spin, n'est pas non plus tout à fait l'analogue d'un solide tournant puisqu'il ne possède que de l'énergie de translation. On ne peut pas écarter *a priori* la possibilité d'existence d'une particule ayant à la fois un moment cinétique et une énergie de spin non nuls; cette particule généraliserait l'électron de Dirac dans le sens indiqué (2).

D'autre part, du point de vue analytique, l'équation de Dirac est susceptible d'une généralisation n'altérant pas certaines propriétés de la particule qu'elle représente. En effet, les conditions d'invariance relativiste introduisent le

(1) Séance du 16 mars 1942.

(2) Voir, pour certains essais de mise en œuvre de cette idée, Proca et Goudsmit, *Journ. de Physique*, 10, 1939, p. 209; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1074.

système de nombres hypercomplexes formé par les opérateurs bien connus γ^μ et par leurs produits. Or, seule *une partie de ces nombres* apparaît dans l'équation de Dirac, à savoir les γ^μ eux-mêmes. On n'enfreint donc pas les exigences de la relativité en complétant cette équation par des termes qui contiennent les produits des γ^μ, convenablement couplés d'ailleurs avec les éléments géométriques ou dynamiques de la particule.

Établissons sur ces bases la nouvelle équation. L'équation de Dirac (ou le lagrangien dont elle dérive) fait intervenir l'invariant symbolique $\gamma^\mu\partial_\mu$ où $\partial_\mu = \partial/\partial x^\mu$; il s'agit de la compléter en y introduisant les produits des γ^μ. Or il est clair que l'emploi du pseudo-scalaire $\gamma^1\gamma^2\gamma^3\gamma^4$ et du pseudo-vecteur $\gamma^\lambda\gamma^\mu\gamma^\nu$ ne saurait introduire de modifications *essentiellement nouvelles* ([3]); aussi les laisserons-nous de côté pour l'instant. Par contre, l'introduction des produits $\gamma^\mu\gamma^\nu$ complète l'équation fondamentale par quelque chose de réellement nouveau que ne contiennent pas les termes $\gamma^\mu\partial_\mu$.

Le terme correctif sera donc de la forme $C_{\mu\nu}\gamma^\mu\gamma^\nu$, où $C_{\mu\nu}$ est un tenseur antisymétrique. Or avec les éléments qui définissent la particule, à savoir avec x_μ et ∂_ν, le plus simple tenseur de ce type qu'on puisse former est $x_\mu\partial_\nu - x_\nu\partial_\mu$; l'opérateur intervenant dans l'équation ou dans le lagrangien aura donc la forme

$$\gamma^\mu\partial_\mu + A(x_\mu\partial_\nu - x_\nu\partial_\mu)\gamma^\mu\gamma^\nu,$$

A étant une constante. Sous cet angle, on voit en quoi consiste la différence entre la nouvelle équation et celle de Dirac : la première introduit non seulement les translations mais aussi les rotations infinitésimales.

En posant, pour simplifier l'écriture, $m^{\mu\nu} = i/2.(\gamma^\mu\gamma^\nu - \gamma^\nu\gamma^\mu)$, cette équation fondamentale s'écrit finalement

$$\gamma^\mu\partial_\mu\psi + i\lambda x_\sigma m^{\sigma\mu}\partial_\mu\psi + \frac{mc}{\hbar}\psi = 0, \tag{1}$$

où λ est une constante réelle. L'équation adjointe sera

$$\partial_\mu\psi^+\gamma^\mu + i\lambda\,\partial_\mu\psi^+ x_\sigma m^{\sigma\mu} - \frac{mc}{\hbar}\psi^+ = 0; \tag{2}$$

elle se réduit à la complexe conjuguée de (1) si l'on pose, comme en théorie de Dirac, $\psi^+ = i\psi^*\gamma^4$.

Ces équations définissent une particule, de spin 1/2, caractérisée par sa masse au repos m ainsi que par une nouvelle *longueur fondamentale* $1/\lambda$. Elle présente des propriétés très intéressantes; l'électron de Dirac s'en déduit comme cas particulier, correspondant à une valeur infinie de la longueur fondamentale.

([3]) Cf., par exemple, Proca, *Ann. de Physique*, 5, 1933, p. 393.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe d'équations fonctionnelles.* Note de M. **Jean Bouzitat**, présentée par M. Gaston Julia.

1. M. Julia a étudié les solutions des équations fonctionnelles

(1) $$G[R_1(z)] = R_2[G(z)],$$

où R_1 et R_2 sont des fonctions rationnelles données (1). M. Valiron a été ensuite amené à chercher s'il existe des fonctions entières non rationnelles $G(z)$ (*qui seraient alors nécessairement d'ordre nul*) vérifiant une équation fonctionnelle

(2) $$P_1[G(z)] = P_2\{G[Q(z)]\},$$

P_1 et P_2 étant des polynomes, $Q(z)$ étant un polynome de degré supérieur à 1 (2).

Nous nous proposons de répondre à cette question lorsque le polynome P_2 est du second degré. (2) se met alors sous la forme

(3) $$\{G[Q(z)]\}^2 = P[G(z)].$$

$G(z)$ admettant au plus une valeur complètement multiple (3), *le polynome* P *admet au plus un zéro d'ordre impair*. Donc :

1° *Si* P *est de degré pair*, il est carré parfait, et (3) se ramène à une équation particulière de la forme (1), dont M. Julia a montré qu'*elle n'admet pas de solutions entières non rationnelles* (4).

2° *Si* P *est de degré impair* $2n+1$, (3) peut s'écrire

(4) $$[G(Q)]^2 = \{P_{(n)}[G(z)]\}^2[G(z) + 2u],$$

où $P_{(n)}$ est un polynome de degré n, et u une constante.

2. Alors $G(z) + 2u = [G_1(z)]^2$, G_1 étant une fonction entière vérifiant

(5) $$[G_1(Q)]^2 = G_1[P_{(n)}(G_1^2 - 2u)] + 2u \equiv [P_{1(n)}(G_1)]^2[G_1 + 2u_1].$$

Le dernier membre ne doit contenir aucun terme de degré pair non nul en G_1, et le terme constant y est égal à $2u$. En remplaçant au besoin G_1 par λG_1, on peut toujours poser

$$P_{1(n)}(G_1) \equiv G_1^n - u_1 G_1^{n-1} + b_2^{(n)} G_1^{n-2} + \ldots + b_{n-1}^{(n)} G_1 + b_n^{(n)}.$$

D'ailleurs u_1 *ne peut être nul*, sans quoi tous les zéros de G devraient avoir un ordre de multiplicité infiniment grand. Alors, si l'on pose

$$b_i^{(n)} = (u_1)^i c_i^{(n)},$$

(1) G. Julia, *Annales de l'École Normale*, 3e série, **40**, 1923, pp. 97-150.

(2) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1113 et p. 1225. Le cas *degré de* $P_1 = 2$; *degré de* $P_2 \leq 6$ y est complètement traité.

(3) Voir G. Valiron, *Lectures on the general theory of integral functions*, p. 76 (Toulouse, 1923).

(4) Voir G. Julia, Mémoire cité, Chapitre IV.

les conditions précédentes s'expriment par

(6) $$u_1^{2n+1}(c_n^{(n)})^2 = u,$$

et par un système de $n-1$ équations du second degré en $c_2^{(n)}c_3^{(n)}\ldots c_n^{(n)}$, qui peut se ramener à l'un ou l'autre des systèmes linéaires équivalents

$$\mathrm{I}_{(n)}\quad\left\{\begin{array}{l} 1+c_2^{(n)}+c_3^{(n)}=0,\\ 2+c_2^{(n)}+c_4^{(n)}+c_5^{(n)}=0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ k_i+k_{i-1}c_2^{(n)}+\ldots+k_1c_{2i-2}^{(n)}+c_{2i-1}^{(n)}=0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\ k_n+k_{n-1}c_2^{(n)}+\ldots+k_{n-p}c_{2p}^{(n)}+\ldots=0;\end{array}\right.$$

$$\mathrm{II}_{(n)}\quad\left\{\begin{array}{l} 1+c_2^{(n)}+c_3^{(n)}=0,\\ 1-c_3^{(n)}+c_4^{(n)}+c_5^{(n)}=0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ k_i-k_{i-1}c_3^{(n)}-\ldots-k_1c_{2i+1}^{(n)}+c_{2i}^{(n)}+c_{2i+1}^{(n)}=0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ k_{n-1}-k_{n-2}c_3^{(n)}-\ldots-k_{n-1-p}c_{2p+1}^{(n)}-\ldots=0.\end{array}\right.$$

La loi donnant les coefficients k_i est la suivante

$$k_1=1,\qquad k_{2p}=k_p^2+2k_{p-1}k_{p+1}+\ldots+2k_1k_{2p-1},$$
$$k_2=k_1^2=1,\qquad k_{2p+1}=2k_pk_{p+1}+2k_{p-1}k_{p+2}+\ldots+2k_1k_{2p}.$$

La comparaison de $\mathrm{I}_{(n)}$ et $\mathrm{II}_{(n+1)}$ montre que *les $c_i^{(n)}$ sont déterminés sans ambiguïté* par les formules de récurrence

(7) $$c_{2i+1}^{(n+1)}=-c_{2i}^{(n)},\qquad c_{2i}^{(n+1)}=c_{2i-1}^{(n)}+c_{2i}^{(n)}.$$

En particulier $c_2^{(n)}=-(n-1)$; $c_n^{(n)}=\pm 1$, ce qui, d'après (6), entraîne

(8) $$u_1^{2n+1}=u.$$

D'ailleurs, on déduit des formules (7) que *les seuls polynomes* $\mathrm{P}_{1(n)}$ *acceptables sont donnés à partir de* $\mathrm{P}_{1(0)}\equiv 1$ et $\mathrm{P}_{1(1)}\equiv \mathrm{G}_1-u_1$ *par la loi de récurrence*

(9) $$\mathrm{P}_{1(n+1)}\equiv \mathrm{G}_1\mathrm{P}_{1(n)}-u_1^2\mathrm{P}_{1(n-1)}.$$

3. Ensuite $\mathrm{G}_1(z)+2u_1=[\mathrm{G}_2(z)]^2$, G_2 étant une fonction entière vérifiant

(10) $$[\mathrm{G}_2(\mathrm{Q})]^2=\mathrm{G}_2[\mathrm{P}_{1(n)}(\mathrm{G}_2^2-2u_1)]+2u_1\equiv[\mathrm{P}_{2(n)}(\mathrm{G}_2)]^2[\mathrm{G}_2+2u_2].$$

Les $\mathrm{P}_{2(n)}$ sont de la même forme que les $\mathrm{P}_{1(n)}$ et $u_2^{2n+1}=u_1$. Mais il faut de plus que le polynome $\mathrm{P}_{1(n)}$ qui se déduit de $\mathrm{P}_{2(n)}$ d'après (10) soit acceptable. On montre par récurrence qu'il en est bien ainsi pour $u_2=u_1=1$, c'est-à-dire que *les polynomes* $\mathrm{P}_{(n)}$ *que l'on déduit des* $\mathrm{P}_{1(n)}$ *en faisant* $u_1=1$ *vérifient l'identité*

$$\mathrm{G}[\mathrm{P}_{(n)}(\mathrm{G}^2-2)]+2\equiv[\mathrm{P}_{(n)}(\mathrm{G})]^2[\mathrm{G}+2].$$

On utilise pour cela la loi de récurrence (9), et l'on est ramené à établir

$$\mathrm{P}_{(n)}^2-\mathrm{G}\mathrm{P}_{(n)}\mathrm{P}_{(n-1)}+\mathrm{P}_{(n-1)}^2+\mathrm{G}-2\equiv 0.$$

On trouve ensuite, dans le cas général, la condition nécessaire et suffisante

pour que (10) donne un $P_{1(n)}$ acceptable

(11) $$u_2^{2n-1} = 1.$$

Alors $u_1 = u_2^2$, $u = u_1^2$, et *le polynome* $P_{(n)}$ *figurant dans l'équation initiale* (4) *est de la même forme que* $P_{1(n)}$. D'ailleurs, en remplaçant éventuellement G par G/u, *on peut toujours supposer* $u = 1$ (le coefficient de G^n restant égal à 1).

Ainsi *l'équation fonctionnelle considérée doit pouvoir se ramener par changement de* G *en* λG, *à la forme*

(12) $$\begin{aligned}[G(Q)]^2 &= \{P_{(n)}[G(z)]\}^2[G(z)+2] \\ &\equiv [G^n - G^{n-1} - (n-1)G^{n-2} + (n-2)G^{n-3} + \ldots \pm 1]^2[G+2].\end{aligned}$$

4. Mais, dans ce cas, on obtient successivement

$$G(z)+2=[G_1(z)]^2;\qquad G_1(z)+2=[G_2(z)]^2;\qquad \ldots;\quad G_p(z)+2=[G_{p+1}(z)]^2;\quad \ldots.$$

$G_1 G_2 \ldots G_p \ldots$ satisfaisant toutes à la même équation fonctionnelle (12). Or M. Valiron a démontré que c'est impossible pour les fonctions entières d'ordre nul considérées ici ([5]).

Conclusion. — *L'équation fonctionnelle* (2), *où* P_2 *est un polynome du second degré, ne peut être vérifiée par aucune fonction entière non rationnelle* $G(z)$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les équations d'ondes des corpuscules à spins entiers.* Note de M. **Gérard Petiau**.

I. La théorie de l'électron de Dirac considère un système de quatre matrices γ^μ liées par les relations $\gamma^\mu\gamma^\nu + \gamma^\nu\gamma^\mu = 2\delta\mu\nu$ (μ, $\nu = 1, 2, 3, 4$) au moyen desquelles on peut former un système complet de seize matrices $\gamma^0 = 1$, γ^μ, $\gamma^5 = \gamma^1\gamma^2\gamma^3\gamma^4$, $i\gamma^5\gamma^\mu$, $i\gamma^\mu\gamma^\nu$.

Désignant par $\gamma^{\mu+}$ la matrice transposée de γ^μ, il existe une matrice S unitaire et hermitienne telle que $S^{-1}\gamma^{\mu+}S = \gamma^\mu$. Tout système de cinq matrices $\gamma^\mu\gamma^5$ renferme toujours deux matrices à termes imaginaires, soient γ^α, γ^β, et l'on peut montrer que $S = i\gamma^\alpha\gamma^\beta$. Par suite, on a

$$S = S^{-1} = S^{+*} \equiv -S^+.$$

Si l'on considère les matrices

$$\eta^0 = S\gamma^0,\qquad \eta^5 = S\gamma^5,\qquad \eta^\mu = S\gamma^\mu;$$
$$\eta^{5\mu} = Si\gamma^5\gamma^\mu,\qquad \eta^{5\mu\nu} = \eta^{\sigma\rho} = Si\gamma^5\gamma^\mu\gamma^\nu = Si\gamma^\sigma\gamma^\rho,$$

on voit facilement que

$$\eta^{5\mu+} = \eta^{5\mu},\qquad \eta^{5\mu\nu+} = \eta^{5\mu\nu};\qquad \eta^{0+} = -\eta^0,\qquad \eta^{5+} = -\eta^5,\qquad \eta^{\mu+} = -\eta^\mu.$$

([5]) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1113.

Par suite les dix matrices $\eta^{5\mu}$, $\eta^{5\mu\nu}$ sont symétriques, tandis que les six matrices η^{0}, η^{5}, η^{μ} sont antisymétriques.

II. Nous considérons le corpuscule de spin $n(h/2\pi)$ (n entier) représenté par les 4^{2n} fonctions d'ondes $\Phi_{i_1, i_2, \ldots, i_{2n}}$ solutions du système de $2n$ équations d'ondes du type de Dirac

$$(1) \qquad \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon (\gamma^\varepsilon)_{i_r m_r} \Phi_{i_1, i_2, \ldots, m_r, \ldots, i_{2n}} = \lambda \Phi_{i_1, i_2, \ldots, i_r, \ldots, i_{2n}} \qquad \left(\lambda = -\frac{2\pi}{h} m_0 c\right).$$

Nous avons montré antérieurement (¹) que le spin total maximum correspond dans le système propre et dans le cas de l'onde plane monochromatique aux fonctions $\Phi_{i_1, \ldots, i_{2n}}$ symétriques. Dans ce qui suit, afin d'isoler les équations d'un corpuscule de spin $n(h/2\pi)$, nous ne considérons parmi les solutions de (1) que les fonctions d'ondes totalement symétriques, c'est-à-dire telles que

$$\Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_r, i_s, \ldots, i_{2n}} = \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_s, i_r, \ldots, i_{2n}}.$$

Nous définirons en outre des opérateurs

$$t^{a_1, a_2, \ldots, a_n}_{i_1, i_2, \ldots, i_{2n}} = (\eta^{a_1})_{i_1 i_2} (\eta^{a_2})_{i_3 i_4} \ldots (\eta_{a_r})_{i_{2r-1} i_{2r}} \ldots (\eta^{a_n})_{i_{2n-1} i_{2n}}.$$

Pour chaque groupe d'indices $a_1, a_2, \ldots, a_n$ correspondant aux η définis ci-dessus, il existe autant d'opérateurs $t^{a_1, \ldots, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}}$ que de suites de couples d'indices $i_r i_s$ avec $r < s$. Mais, si l'on considère l'opération

$$\Sigma_{i_1, i_2, \ldots, i_{2n}} t^{a_1, \ldots, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_{2n}},$$

on obtient la même expression quelle que soit la suite des indices $i_1, i_2, \ldots, i_{2n}$ pour une même suite $a_1, \ldots, a_n$, et il suffit de considérer le premier opérateur $t^{a_1, \ldots, a_n}_{i_1, i_2, \ldots, i_{2n}}$. De plus, on voit immédiatement que, si un seul des η, soit η^{a_r}, est antisymétrique, alors

$$\Sigma_{i_1, \ldots, i_{2n}} t^{a_1, \ldots, a_r, \ldots, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_{2n}} = 0.$$

Si tous les η^{a_r} sont symétriques, nous poserons

$$\Sigma_{i_1, \ldots, i_{2n}} t^{a_1, a_2, \ldots, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_{2n}} = \Phi^{a_1, a_2, \ldots, a_n},$$

et l'on peut montrer que $\Phi^{a_1, a_2, \ldots, a_n}$ se transforme comme un tenseur symétrique par rapport aux indices $a_1, \ldots, a_r, \ldots, a_n$.

Si l'on applique l'opération $\Sigma_{i_1, \ldots, i_{2n}} t^{a_1, \ldots, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}}$ aux équations (1), on obtient, suivant la parité de l'indice r,

$$(2) \qquad \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \left[\Sigma_i t^{a_1, a_r \varepsilon, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_{2n}}\right] = \lambda \left[\Sigma_i t^{a_1, \ldots, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_{2n}}\right]$$

$$(3) \qquad \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \left[\Sigma_i t^{a_1, \varepsilon a_r, a_n}_{i_1, \ldots, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_{2n}}\right] = \lambda \left[\Sigma_i t^{i_1, \ldots, i_{2n}}_{a_1, \ldots, a_n} \Phi^{(S)}_{i_1, \ldots, i_{2n}}\right].$$

Deux cas sont alors à considérer

1° les n matrices η^{a_1}, η^{a_2}, η^{a_n} sont toutes symétriques; on montre alors

---

(¹) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 685.

que

$$\Sigma_i t^{a_1, a_r \varepsilon, a_n}_{i_1,\dots,i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i.\dots,i_{2n}} = \Sigma_i t^{a_1, \varepsilon a_r, a_n}_{i_1,\dots,i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}} = \frac{1}{2} \Sigma_i t^{a_1 (a_r \varepsilon + \varepsilon a_r) a_n}_{i_1,\dots,i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}}$$

et les équations (2) et (3) s'écrivent

$$\text{(I)} \qquad \begin{cases} \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{a_1,\dots,5\mu\varepsilon,\dots,a_n} = \lambda \Phi^{a_1,\dots,5\mu,\dots,a_n} \\ \partial_\nu \Phi^{a_1,\dots,5\mu,a_n} - \partial_\mu \Phi^{a_1,\dots,5\nu,\dots,a_n} = \lambda \Phi^{a_1,\dots,5\mu\nu,\dots,a_n}. \end{cases}$$

2° Une seule des matrices η, soit η^{a_r}, est antisymétrique; les autres étant symétriques.

On a alors

$$\Sigma_i t^{a_1, \varepsilon a_r, a_n}_{i_1,\dots,i_{2r}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}} = -\Sigma_i t^{a_1, a_r \varepsilon, a_n}_{i_1,\dots,i_{2n}} \Phi^{(S[}_{i_1,\dots,i_{2r}}; \qquad t^{a_1,\dots,a_n}_{i_1,\dots,i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots i_{2n}} = 0$$

et les équations (2) et (3) donnent

$$\text{(II)} \qquad \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{a_1, a_2,\dots,5\varepsilon, a_n} = 0, \qquad \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{a_1 a_2,\dots,5\mu\varepsilon^\star,\dots,a_n} = 0,$$

$\mu\varepsilon^\star$ désignant la combinaison d'indices duale de $\mu\varepsilon$.

Le système (1) est donc équivalent, les $\Phi_{i_1,\dots,i_{2n}}$ étant restreints aux $\Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}}$, au système des équations (I) et (II), c'est-à-dire aux équations tensorielles de Fierz.

Les fonctions $\Phi^{a_1, a_2,\dots,a_n}$ ne sont pas linéairement indépendantes. Si nous considérons la relation

$$\Sigma_A (\gamma^A)_{i_p i_q} (\gamma^A)_{i_r i_s} = 4 \delta_{i_p i_s} \delta_{i_r i_q}$$

liant deux systèmes de matrices de Dirac, nous en déduisons γ^C et γ^D désignant deux matrices arbitraires

$$\Sigma_i (\eta_{a_1})_{i_1 i_2} \dots [\Sigma_\mu (\eta^{5\mu C})_{i_p i_q} (\eta^{5\mu})_{i_r i_s}] \dots (\eta^{a_n})_{i_{2n-1}, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}} = 0,$$

$$\Sigma_i (\eta^{a_1})_{i_1 i_2} \dots \left[\Sigma_\nu \left((\eta^{5\mu\nu C})_{i_p i_q} (\eta^{5\mu\nu})_{i_r i_s} + (\eta^{\mu\nu C})_{i_p i_q} (\eta^{\mu\nu})_{i_r i_s}\right)\right] \dots (\eta^{a_n})_{i_{2n-1}, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}} = 0, \quad -$$

$$\Sigma_i (\eta^{a_1})_{i_1 i_2} \dots \left[\Sigma_\mu \left(\eta^{\mu C}\right)_{i_p i_q} (\eta^{\mu D})_{i_r i_s} + (\eta^{5\mu C})_{i_p i_q} (\eta^{5\mu D})_{i_r i_s})\right] (\eta^{a_n})_{i_{2n-1}, i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}}$$
$$= 2 \Sigma_i (\eta^{a_1})_{i_1 i_2} \left[(\eta^D)_{i_p i_s} (\eta^C)_{i_r i_q} + (\eta^{5D})_{i_p i_s} (\eta^{5C})_{i_r i_q}\right] \dots (\eta^{a_n})_{i_{2n-1} i_{2n}} \Phi^{(S)}_{i_1,\dots,i_{2n}},$$

qui, suivant les valeurs de γ^C et de γ^D, nous donnent les relations

$$\Sigma_\mu \Phi^{a_1,\dots,5\mu,\dots,5\mu,\dots,a_n} = 0, \qquad \Sigma_\nu \Phi^{a_1, 5\mu\nu,\dots,5\mu\nu^\star, a_n} = 0,$$
$$\Sigma_\nu \Phi^{a_1,\dots,5\mu\nu,\dots,5\nu,\dots,a_n} = 0, \qquad \Sigma_\nu \Phi^{a_1, 5\mu\nu^\star,\dots,5\nu, a_n} = 0,$$
$$\Sigma_\rho \Phi^{a_1, 5\mu\rho,\dots,5\nu\rho,\dots,a_n} = \Phi^{a_1, 5\mu,\dots,5\nu,\dots,a_n}.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Propagation ellipsoïdale des ondes électromagnétiques*. Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les difficultés d'interprétation de la contraction lorentzo-einsteinienne (¹) des corps en mouvement nous ont incité à revenir vers l'hypothèse de la

(¹) Tandis que certains physiciens considèrent cette contraction comme réelle, capable, par exemple, de détruire un disque en rotation (Von Laue, *La théorie de la Relativité*, trad. G. Letang, 1, p. 189), d'autres ne lui reconnaissent qu'une signification « relative »

propagation ellipsoïdale des ondes, avancée au début du siècle par H. Poincaré (*La valeur de la Science*, p. 202).

Nous postulerons l'existence d'un espace référentiel privilégié $\mathcal{R}$, doué d'une chronométrique universelle. *Dans tout repère galiléen* $\mathcal{R}'$ (*de vitesse constante* v *dans* $\mathcal{R}$) *nous utiliserons en même temps, pour satisfaire au principe de relativité, une chronométrique naturelle propre, respectant l'isotropie des ondes autour de toute source* O′ *fixe dans* $\mathcal{R}'$. *Nous donnerons enfin aux lois de l'Électromagnétisme une forme tensorielle qui assure leur invariance.*

Le problème ainsi posé admet la solution suivante :

Considérons un événement instantané (éclair), repéré, à l'instant t, dans $\mathcal{R}$ à l'extrémité d'un rayon-vecteur $\vec{x}$ d'origine O, et dans $\mathcal{R}'$ à l'instant t' à l'extrémité d'un rayon-vecteur $\vec{x'}$ d'origine O′. x et x' seront liés *par le groupe des déplacements euclidiens* $\vec{x'} = \vec{x} - \vec{v}t$, où t est le temps, *paramètre du groupe dont la variation exprime la mobilité du repère* $\mathcal{R}'$.

Appelons x^α les composantes de x ($\alpha = 1, 2, 3$) suivant les axes; posons $x^4 = ict$ ($c = 3.10^{10}$ cm/s), on aura les transformations

$$x'^\alpha = x^\alpha + i\varepsilon^\alpha(v)a(v)x^4, \tag{1}$$

$$x'^4 = a(v)x^4 - i\varepsilon^\alpha(v)x^\alpha \quad (\alpha = 1, 2, 3), \tag{2}$$

où $a(v)$ est une fonction encore indéterminée de v [telle que $a(0) = 1$] et $\varepsilon^\alpha(v)$ la projection de $\vec{\varepsilon} = (ac)^{-1}\vec{v}$ sur Ox (²).

Les équations d'un même front d'onde, émis à l'instant *zéro* par une source ponctuelle fixée à O′, seront

$$\mathcal{F}' \equiv \Sigma x'^\alpha = 0 \quad (\alpha = 1, 2, 3, 4) \quad \text{dans } \mathcal{R}' \tag{3}$$

et, en posant $\mu^2 = 1 - \vec{\varepsilon}^2$,

$$\mathcal{F} \equiv \vec{x}^2 - (\vec{\varepsilon}.\vec{x})^2 + a^2\mu^2x^4 = 0 \quad \text{dans } \mathcal{R}. \tag{4}$$

La première représente une sphère centrée sur O′, la seconde, *un ellipsoïde de révolution autour de* $\vec{v}$, *centré sur le point d'émission* O, *et focalisé sur la position* O′ *de la source* (³).

---

résultant de la « décomposition de l'univers en espace et temps » (J. Becquerel, *Exposé élémentaire de la théorie d'Einstein*, p. 53).

Nous avons fait une étude critique de cette contraction dans *Les Interprétations physiques de la théorie d'Einstein*.

(²) Ces formules permettent de définir, comme dans la théorie de Minkowsky : le temps propre τ d'un élément mobile, son hypervitesse $U^\alpha = (dx^\alpha/d\tau)$ et son hyperaccélération $J^\alpha = (dU^\alpha/d\tau)$. Mais, sans indications expérimentales suffisantes, il n'est pas nécessaire d'attribuer un sens physique au temps propre.

(³) L'onde dépend de la direction et de la grandeur de v, mais elle est indépendante de son sens. Cf. *L'Électro-optique dans le temps universel* (*Bull. Astron., Mém.*, 12, 1, 1940, p. 1).

Nous associons ainsi, à la chronométrique naturelle particulière à un repère galiléen de vitesse v, la forme quadratique

$$\mathcal{F} \equiv g_{\alpha\beta}(v)x^\alpha x^\beta \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4). \tag{5}$$

Nous considérons les formules classiques donnant les champs électrique et magnétique, en fonction du potentiel scalaire et du potentiel-vecteur comme tirées de l'expérience. Elles se synthétisent dans

$$H_{\alpha\beta} = \frac{\partial \Upsilon_\beta}{\partial x^\alpha} - \frac{\partial \Upsilon_\alpha}{\partial x^\beta} \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4). \tag{6}$$

Pour assurer leur invariance, nous assimilons les Υ_α aux composantes covariantes d'un *potentiel-tenseur* afférant aux transformations (1) et (2).

Nous précisons les sources du champ et nous satisfaisons au principe de la conservation de l'électricité en donnant les divergences

$$\mathcal{D}_\beta H^{\alpha\beta} = 4\pi k c^{-1} \rho U^\alpha, \tag{7}$$

$$\mathcal{D}^\alpha \Upsilon_\alpha = 0, \tag{8}$$

où U^α est l'hypervitesse de la charge excitatrice de densité ρ.

Si l'on explicite le champ électrique $\vec{E}$ et le champ magnétique $\vec{H}$, on trouve que *les formules en rot $\vec{E}$ et div $\vec{H}$ sont identiques à celles de Maxwell et que les formules en rot $\vec{H}$ et div $\vec{E}$ n'en diffèrent qu'au second ordre de uc^{-1}*. De (7) et (8), on tire encore l'équation

$$\frac{1}{\mu^2(u)} \frac{\partial^2 \Upsilon_\alpha}{\partial x\, \partial x} + \frac{\partial^2 \Upsilon_\alpha}{\partial y\, \partial y} + \frac{\partial^2 \Upsilon_\alpha}{\partial z\, \partial z} - \frac{1}{a^2(u)\mu^2(u)\varepsilon^2} \frac{\partial^2 \Upsilon_\alpha}{\partial t\, \partial t} = 4\pi k \rho \varepsilon^\alpha(u), \tag{9}$$

qui exprime en particulier la propagation de Υ_α par le front d'onde $\mathcal{F} = 0$.

Soit q une charge de masse m, de vitesse $\vec{s}$ et d'accélération $\vec{j}$ dans $\mathcal{R}$, soumise à l'influence d'un champ $(\vec{E}, \vec{H})$. Le principe de relativité donne dans le repère galiléen tangent $\mathcal{R}'$,

$$m\vec{j}' = \vec{E}' q. \tag{10}$$

Des formules (1) et (2) on tire l'accélération $\vec{j}$ dans $\mathcal{R}$ en fonction de $\vec{j}$ et, au moyen des transformations tensorielles, le champ électrique $\vec{E}$, dans $\mathcal{R}$, en fonction de $\vec{E}$ et $\vec{H}$. Il vient l'équation fondamentale

$$m\vec{j} = a(s)\mu^2(s) \left[\vec{E} + \frac{\vec{s}}{c} \wedge \vec{H} \right] q. \tag{11}$$

Supposons que le champ soit produit par une charge excitatrice ponctuelle q^0 de vitesse $\vec{u}$ dans $\mathcal{R}$. On aura, *en fonction du seul champ électrostatique de Coulomb* $\vec{E}^0$,

$$\vec{E} = a(u)[\vec{E}^0 - \vec{\varepsilon}(u)\ (\vec{\varepsilon}(u) . \vec{E}^0)], \qquad \vec{H} = \vec{\varepsilon}(u) \wedge \vec{E}^0.$$

La masse constante m ou cinétique $m_s = m(a)$ est unique. L'accélération et la force qui la provoquent ont toujours la même direction. Si $\vec{s} = \vec{u}$, les surfaces équipotentielles de convection sont sphériques; tout se passe comme si q^0 entraînait rigidement avec elle son champ électrostatique à symétrie sphérique (4).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Perfectionnement au polarimètre photoélectrique.* Note de MM. **Georges Bruhat**, **André Blanc-Lapierre**, **Jean Schiltz**, et **Gaston Raoult**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le polarimètre photoélectrique décrit précédemment (1) comporte un analyseur à deux plages et un amplificateur qui permet d'apprécier la variation du courant photoélectrique lorsqu'on substitue une des plages à l'autre. L'amplificateur Bruhat-Guinier se compose d'une lampe électromètre Philipps, suivie d'une triode B 405; le courant de plaque de la triode parcourt le primaire d'un transformateur dont le secondaire est fermé sur un galvanomètre. Avec une résistance d'entrée de $1,75.10^{11}$ ohms (résistance S. S. White), une variation du courant photoélectrique de 4.10^{-15} ampère, correspondant à 7.10^{-4} V sur la grille de la lampe électromètre, donne au spot du galvanomètre, fonctionnant en balistique, une impulsion de 1^{mm}.

L'amplificateur s'est révélé insuffisant lorsque nous avons voulu étudier la biréfringence électrique du sulfure de carbone dans l'ultraviolet. Il était alors nécessaire d'employer une épaisseur de liquide réduisant à environ 1/10 le flux lumineux, et la précision de la mesure se trouvait réduite dans la même proportion : il a donc fallu accroître la sensibilité de l'amplificateur.

Nous avons d'abord remplacé la triode par une penthode EL 3, utilisée de la même manière : la pente de l'amplificateur se trouve ainsi multipliée par 6.

Nous avons ensuite établi la liaison entre la penthode et le galvanomètre par un transformateur spécialement calculé pour conserver au galvanomètre un fonctionnement balistique correct, tout en ayant au primaire une résistance voisine de la résistance optimum d'utilisation de la penthode, et au secondaire une résistance de l'ordre de celle du cadre du galvanomètre. Pour pouvoir faire travailler le fer de ce transformateur, dont le primaire est parcouru en permanence par le courant de plaque de la penthode, dans la région des champs faibles où la perméabilité est maximum, nous l'avons muni d'un troisième enroulement, dit de compensation. Les caractéristiques des trois enroulements sont les suivantes :

Primaire................	24 000 spires	1560 ohms
Secondaire...............	14 300 »	800 »
Compensation...........	10 860 »	590 »

(4) Les ellipsoïdes d'Heaviside sont remplacés par des sphères; l'expérience de Trouton et Noble s'explique donc *ipso facto*.

(1) G. Bruhat et A. Guinier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 762.

L'enroulement de compensation étant ouvert, nous avons trouvé qu'une impulsion d'un millimètre correspond maintenant à une variation de potentiel de $6,7.10^{-5}$ volt sur la grille d'entrée, c'est-à-dire à une multiplication par 10 environ de la sensibilité de l'amplificateur primitif.

L'emploi de la compensation nous a donné d'abord des résultats incohérents, et nous a conduits à étudier le transformateur seul, par la mesure des déviations balistiques obtenues lorsqu'on fait passer le courant primaire, en shuntant l'enroulement correspondant par une grande résistance, d'une valeur i_1 à une valeur voisine i_2. On obtient alors des phénomènes définis, si l'on a, au préalable, fait décrire quelques cycles d'hystérésis au fer en coupant et fermant alternativement les circuits primaire et compensation. Voici, en fonction du nombre de volts appliqués au circuit de compensation, les valeurs des déviations observées :

Volts compensation...		0.	48.	50.	52.	54.	56.	58.	60.	62.	64.	66.	68.
A	$i_1 \rightarrow i_2$....	10	–	–	–	–	–	54	66	83	68	57	52
	$i_2 \rightarrow i_1$....	10	–	–	–	–	–	57	78	90	75	61	54
B	$i_1 \rightarrow i_2$....	10	40	47	57	66	70	105	72	57	–	–	–
	$i_2 \rightarrow i_1$....	10	41	50	64	80	87	130	80	72	–	–	–

La série A est obtenue lorsque le circuit fermé en dernier est le circuit de compensation, la série B lorsque c'est le circuit primaire. Le fer s'y trouve sur deux branches différentes du cycle d'hystérésis, et la différence des courants de compensation qui correspondent au maximum de la déviation peut donner une évaluation de la largeur de ce cycle. Dans chaque série, au voisinage du maximum, les déviations ne sont pas les mêmes lorsque l'intensité croît et lorsqu'elle diminue de la même quantité : ce phénomène tient sans doute à l'existence des droites de recul dont la pente est différente de celle de la courbe d'hystérésis. Enfin, dans la série B, la différence des déviations obtenues lors de l'accroissement et lors de la diminution de l'intensité dépend du temps qui a séparé les deux manœuvres : ce phénomène est sans doute en rapport avec le traînage magnétique.

La compensation augmente notablement la sensibilité, puisque la déviation, pour une même variation du courant, passe de 10 à 90 et même 130^{mm}; mais les divers phénomènes que nous venons d'indiquer se traduisent, dans la pratique, par un manque de fidélité. On a pourtant avantage à employer la compensation, à condition de ne pas s'approcher trop près du maximum : dans le cas A, avec une compensation de 58 V, on multiplie la sensibilité par 5 sans introduire une trop grande instabilité.

Une déviation de 1^{mm} correspond alors à une variation de $1,3.10^{-5}$ V sur la grille d'entrée, ce qui représente une multiplication par environ 50 de la sensibilité de l'amplificateur primitif; avec la résistance d'entrée de $1,75.10^{11}$ ohms, on peut apprécier une variation du courant photoélectrique de $7,5.10^{-17}$ A.

Il est inutile de chercher une nouvelle augmentation de l'amplification, car les lampes électromètres ne permettent pas de mesurer avec sécurité le 1/100000 de volt : la sensibilité maximum que nous avons réalisée ne peut d'ailleurs être effectivement utilisée à des séries de mesures que lorsque les conditions sont favorables : calme relatif du laboratoire, excellent dessèchement de la boîte de l'amplificateur, parfait état des batteries d'accumulateurs.

RADIOCHIMIE. — *Sur l'action qu'exercent les gaz sur la réaction photogénique accompagnant l'électrolyse de solutions d'azoture de sodium et d'acide azothydrique.* Note de M. **Edgar-T. Verdier**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Avec R. Audubert (1), j'ai montré que l'électrolyse d'une solution d'azoture de sodium ou d'acide azothydrique s'accompagne d'une émission de rayonnement ultraviolet, décelable et mesurable au moyen de compteur photoélectrique. On sait également, d'une part (2) qu'une fraction très notable de cette émission se fait en phase gazeuse, car l'intensité du rayonnement mesurée par un compteur est la même à distances égales dans toutes les directions au-dessus de la surface de l'électrolyte, et d'autre part, comme l'ont montré R. Audubert et C. Racz (3), qu'elle est due à la désactivation d'une forme métastable d'azote activée électroniquement, à grande vie moyenne ($2,5.10^{-3}$ sec).

Il m'a donc paru intéressant d'étudier l'influence que pouvaient avoir des gaz comme l'azote, l'hydrogène, l'oxygène, l'argon et le protoxyde d'azote sur la réaction photogénique.

L'électrolyse a été effectuée avec le montage suivant : sur la partie supérieure d'un petit vase poreux de pile, utilisé comme compartiment anodique, était adapté, par l'intermédiaire d'un bouchon en caoutchouc, un vase en verre, qui se trouvait fermé en haut par une fenêtre de quartz. Deux tubes d'entrée, dans ce récipient, permettaient, d'une part le balayage de la plaque de quartz par un courant de gaz pour éviter la condensation au cours de l'électrolyse des vapeurs d'acide azothydrique, très absorbantes dans le domaine de lumière ultraviolette émise (4), et d'autre part un barbotage du gaz à travers la solution anodique elle-même. Par ailleurs, un tube de sortie se terminant juste au-dessus de l'anode, une toile de platine disposée horizontalement à la surface de l'électrolyte, assurait un renouvellement continuel de l'atmosphère gazeuse au voisinage immédiat de l'électrode. La cathode, également en platine, était plongée dans le même électrolyte extérieur au poreux.

Toutes les mesures ont été faites après un barbotage prolongé, à travers la

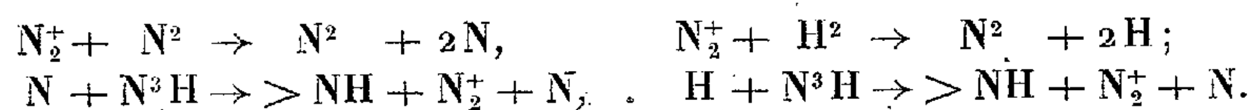
(1) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1984.
(2) E.-T. Verdier, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 755.
(3) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 217; *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **7**, 1940, p. 907.
(4) M. Bonnemay et E.-T. Verdier, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 228.

solution, du gaz étudié. Pendant une mesure, ce barbotage, qui aurait donné lieu à des fluctuations dans l'intensité du courant et de l'émission, était arrêté, et seul un courant de gaz dans l'atmosphère au-dessus de l'anode était maintenu.

On constate, dans ces conditions, que la présence d'azote et d'hydrogène augmente l'émission, par rapport à l'air, de 500 à 600 fois, que l'argon et le protoxyde d'azote sont pour ainsi dire sans influence, alors que l'oxygène la diminue considérablement. Par ailleurs si l'on cherche à vérifier la relation déjà énoncée [4], $\Delta N = KI e^{bV}$, où ΔN est le nombre de décharges enregistrées par le compteur en une minute, I l'intensité du courant, V la tension appliquée, K et b deux constantes, on trouve que seule la valeur de K varie avec la nature du gaz alors que b reste rigoureusement constant.

Ces résultats conduisent à penser que l'azote et l'hydrogène, qui sont des constituants de la molécule N^3H, donnent lieu à une augmentation de l'émission, soit par la création d'un état de résonance entre les molécules, soit par une ramification des chaînes dans la réaction phothogénique. L'argon et le protoxyde d'azote agiraient comme gaz inertes, et l'oxygène serait nettement un inhibiteur. On doit également admettre que le facteur K dans la relation citée dépend, en dehors d'autres facteurs (sensibilité absolue du compteur, température etc.), de l'absorption par les vapeurs de N^3H toujours en équilibre avec des solutions de N^3H et même de N^3Na.

Si l'on considère que l'azote activé électroniquement N_2^+, libéré à l'anode à la suite des réactions secondaires du radical N^3, dans lesquelles interviendrait l'énergie d'activation acquise par l'ion N_3^- sous forme d'énergie cinétique, due à la chute de tension à l'anode, contient suffisamment d'énergie (250 Kcals) [5] pour dissocier les molécules de N^2 (—200 Kcals) [6] et de H^2 (—112 Kcals) [7], il est possible d'imaginer la ramification des chaînes par les deux atomes d'azote ou d'hydrogène ainsi apparus; on aurait schématiquement



$$N_2^+ + N^2 \rightarrow N^2 + 2N, \qquad N_2^+ + H^2 \rightarrow N^2 + 2H;$$
$$N + N^3H \rightarrow > NH + N_2^+ + N, \qquad H + N^3H \rightarrow > NH + N_2^+ + N.$$

Par contre, l'oxygène pouvant participer à la formation de N^2O sans émission de lumière d'après les réactions



$$N_2^+ + O^2 \rightarrow N^2 + 2O, \qquad N_2^+ + O \rightarrow N^2O$$

serait, comme l'expérience le montre, fortement inhibiteur.

Une telle hypothèse nécessite forcément d'autres vérifications; en particulier il faudrait examiner l'influence des gaz en question sur la décomposition photochimique des vapeurs de N^3H, telle qu'elle a été étudiée par Beckman et Dickinson [8].

---

(5) V. Henri, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 67.

(6) R. S. Mulliken, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 144.

(7) W. W. Lozier, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 575 et 45, 1934, p. 840.

(8) Beckman et Dickinson, *Journal of the American Chemical Society*, 50, 1928, p. 1870; 52, 1930, p. 124; Myers et Beckman, *ibid.*, 57, 1935, p. 89.

Quoi qu'il en soit, ces résultats montrent que l'émission d'un rayonnement ultraviolet accompagnant l'électrolyse de solutions de N^3H et de N^3Na est liée essentiellement à deux séries de réactions : la première, relative à la décharge des ions N_3^- et à la libération de l'azote actif, dépendrait de la tension appliquée, de la présence de certains sels en solution et du pH de l'électrolyte, alors que la deuxième se rattacherait à la présence dans l'atmosphère au voisinage de l'anode de molécules de N^3H, susceptibles de prendre part aux réactions secondaires qui conduisent à la désactivation de l'azote actif avec émission de lumière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La représentation des tensions de vapeur.* Note de M. **Jean-P.-E. Duclaux**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Il est d'un usage très général de représenter les variations des tensions de vapeur et des tensions de dissociation par des formules du type de Dupré

$$(1) \qquad \operatorname{Log} P = -\frac{A}{T} + B + C \operatorname{Log} T + DT + \ldots.$$

Ce type de formule a été adopté parce qu'il semble avoir une base théorique (formule de Clapeyron, théorème de Nernst); j'ai attiré l'attention (¹) sur le fait que seuls les trois premiers termes sont obtenus par voie théorique, les suivants étant purement empiriques; j'ai montré de plus que, dans la méthode de déduction, l'on s'éloignait beaucoup de la base théorique et que le résultat final n'était pratiquement qu'une formule d'interpolation arbitraire.

J'ai donné d'autre part (¹) une nouvelle formule des tensions de vapeur, n'ayant aucune base théorique, mais faisant apparaître l'existence d'états correspondants. Cette formule s'écrit

$$(2) \qquad \operatorname{Log} P = -X + n \operatorname{Log} T + C \frac{T(T - T_t)(T_c - T)}{(T + A)^3}$$

avec

$$A = \frac{T_t}{2}\left[\left(\frac{2T_c}{T_t} - 1\right)^{\frac{1}{3}} - 1\right].$$

Le calcul numérique montre que la formule (2) représente l'expérience beaucoup mieux que la formule de Dupré; ainsi la variation des tensions de vapeur semble dépendre plutôt de l'existence d'états correspondants que des anciennes considérations théoriques.

Dans ce qui suit je me servirai des données relatives à l'eau, qui sont les plus précises.

Nombre de constantes arbitraires. — La formule (2) contient trois constantes;

(¹) *Journ. Chim. Phys.*, **38**, nov. 1941, p. 78; *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 482 et 674; **214**, 1942, p. 77

lorsque l'on connaît les coordonnées des point triple et critique, deux d'entre elles sont calculables *a priori*; la troisième est, dans le cas général, liée aux autres par une relation qu'il n'a pas encore été possible d'exprimer avec précision. Lorsque l'on ne connaît qu'une partie de la courbe, on peut considérer les *trois* constantes comme arbitraires; c'est ce que nous ferons ici.

La formule de Dupré contient un nombre de constantes indéterminé; le calcul indique qu'il en faut au moins *cinq* pour obtenir une précision égale à celle que donne la formule (2).

Valeur des constantes. — Toutes les constantes de la formule (2) sont complètement déterminées par trois nombres expérimentaux.

Au contraire, dans la formule de Dupré, le nombre de termes gardés étant variable, la valeur des constantes est fonction de ce nombre, et les variations sont considérables; c'est ainsi que trois formules ont donné :

Nombre de termes.	Bases.	A.	B.	C.
3............	0°-100° -300°	2717	18,60	— 3,28
4............	0°-100° -200°-300°	3356	38,70	—11,05
5............	0°-100°-150°-200°-300°	3202	31,79	— 8,38

La comparaison des chiffres montre que les valeurs expérimentales des constantes ne sont susceptibles d'aucune interprétation théorique; en fait, seules celles qui apparaîtraient dans un développement en série illimité pourraient convenir, mais ce développement devrait être appuyé sur des mesures d'une précision infinie.

Variation des constantes avec les bases. — Le calcul montre que les paramètres de la formule (2) sont remarquablement constants, quelles que soient les bases choisies. J'ai fait le calcul pour 20 systèmes de bases; voici quelques résultats :

Bases.	*n.*	C.	X.
Système 1 (40°-100°-250°)...	12,158	5,057	28,961
» 2 (0°-100°-374°)...	12,167	5,043	28,982
» 3 (50°-100°-200°)...	12,164	5,084	28,980
» 4 (0°- 25°- 50°)...	12,086	5,116	28,786

Même dans ce dernier cas, où les conditions sont très défavorables, par suite du petit intervalle de température utilisé, les variations sont de l'ordre de 1 %.

Au contraire, en déterminant à partir des mêmes bases, les coefficients de la formule de Dupré à trois termes, on obtient pour A, B et C, les valeurs suivantes dont les variations dépassent 50 % :

Bases.	A.	B.	C.
Système 1...............	2709	—3,326	18,696
» 2...............	2646	—2,778	17,118
» 3...............	2762	—3,670	19,720
» 4...............	2824	—4,988	23,153

Interpolation. — Il résulte de cette faible variation des constantes que la formule (2) se prête beaucoup mieux à l'interpolation que la formule de Dupré. Je ne donne ici que quelques chiffres :

Bases.	Temp.	P. Dupré.	P (2).	P exp.
Système 1	70°	232,9	233,8	233,7
» 2	150	3606,7	3566,5	3570,7
» 3	200	11503	11644	11661

Extrapolation. — C'est surtout pour l'extrapolation que la formule (2) montre sa supériorité. Je donne ici quelques valeurs des pressions aux points triple et critique, calculées à partir des bases données, à l'aide des deux types de formules :

Bases.	Form. Dupré.	Équat. (2).	Exp.
Système 1 (P_t)	4,716	4,576	4,579
(P_c)	190,4	216,3	218,2
» 3 (P_t)	4,671	4,541	4,579
(P_c)	180,3	215,4	218,2
» 4 (P_c)	77,0	203,5	218,2

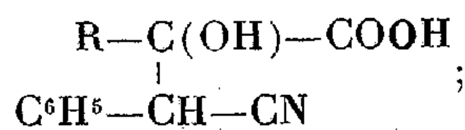
Dérivées. — J'ai également vérifié que les dérivées étaient mieux représentées; il est possible de calculer la dérivée seconde. On trouve ainsi, à différentes températures, pour la quantité $-(d/dT)(T\,dP/P\,dT)$, les valeurs :

	0°.	100°.	200°.
Dupré 3 termes	0,0815	0,0438	0,0272
» 4 »	0,0938	0,0457	0,0247
Formule (2)	0,0886	0,0464	0,0243
Expérience	0,0889	0,0463	0,0250

En résumé, l'accord remarquable entre la formule et l'expérience montre qu'elle peut servir de base à une théorie des états correspondants, que je développerai dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'acide phénylglyoxylique avec le cyanure de benzyle.* Note (1) de MM. **Paul Cordier** et **Jacques Moreau**.

L'un de nous a montré que certains acides α-cétoniques aromatiques, tels que les acides benzyl- (2) et phényl-pyruviques (3), étaient susceptibles de se condenser en milieu alcalin avec le cyanure de benzyle en donnant les composés de cétolisation correspondants de structure générale



$$\begin{array}{l}R-C(OH)-COOH\\ \quad\;\; | \\ C^6H^5-CH-CN\end{array};$$

(1) Séance du 29 décembre 1941.
(2) P. Cordier, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1427.
(3) P. Cordier, *Comptes rendus*, **200**, 1936, p. 1412.

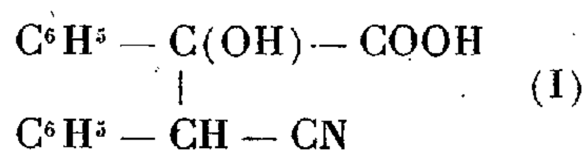
ces nitriles acides alcools tertiaires sont aisément transformés sous l'action de l'acide chlorhydrique à chaud, par hydrolyse et déshydratation simultanées, en anhydrides maléiques disubstitués.

Nous nous sommes proposé d'étudier quel serait le comportement du premier acide aromatique α-cétonique, c'est-à-dire de l'acide phénylglyoxylique, la présence du groupement phénylé au voisinage immédiat du carbonyle conférant à ce corps une réactivité particulière.

L'acide phénylglyoxylique employé a été préparé d'abord par oxydation de l'acétophénone ([3]), nous avons préféré par la suite le procédé indiqué dans le traité des *Synthèses organiques* ([4]) et basé sur l'oxydation de l'acide mandélique par le permanganate de potassium; cette méthode nous a donné de bons résultats.

I. Nous avons essayé en premier lieu d'effectuer la condensation de l'acide phénylglyoxylique avec le cyanure de benzyle molécule à molécule dans les mêmes conditions que celles réalisées dans le cas des acides benzyl- et phényl-pyruviques, c'est-à-dire en milieu hydroalcoolique et en employant comme agent de condensation soit la soude, la potasse ou le carbonate de potassium.

Dans tous les cas, nous n'avons réussi, malgré les différentes conditions de milieu et de concentration réalisées, qu'à obtenir de très faibles quantités d'un composé acide dont l'analyse nous a permis d'assigner la structure d'un nitrile acide alcool



$$\begin{array}{l} C^6H^5 - C(OH) - COOH \\ \quad\quad\;\; | \\ C^6H^5 - CH - CN \end{array} \qquad (I)$$

Comme les composés précédemment obtenus, ce corps donne naissance, par action de l'acide chlorhydrique à chaud, à un composé de structure anhydridique et dont le point de fusion correspond à celui de l'anhydride diphénylmaléique, corps bien connu.

II. Ayant remplacé l'agent alcalin minéral par la pipéridine, nous avons constaté qu'en milieu hydroalcoolique le rendement en acide (I) était sensiblement amélioré, quoique toujours faible.

Nous avons alors effectué la condensation sans solvant en présence d'un excès de pipéridine; nous avons mis en présence une molécule d'acide phénylglyoxylique, un peu plus d'une molécule de cyanure de benzyle et environ deux molécules de pipéridine; le mélange devient rapidement homogène et, après quelques heures, on constate l'apparition d'un précipité, au bout de 24 heures tout est pris en masse.

Nous avons isolé le composé formé dans les conditions suivantes : le produit de la réaction est trituré avec de l'éther, où il est insoluble; on sépare le composé précipité par filtration sur plaque de Buchner, on le lave avec de l'éther et on l'essore. Il est presque incolore, c'est le sel de pipéridine de l'acide

---

([3]) GLUCKSMANN, *Monatshefte f. Chemie*, **11**, 1890, p. 248.

([4]) Traduction française, 1935, p. 148.

cherché. Trituré avec de l'eau et additionné d'un excès de solution d'acide chlorhydrique, il donne naissance à l'acide correspondant qui est isolé par filtration. Nous l'avons purifié par traitement par une solution de carbonate de sodium, filtration et précipitation en milieu acide. Ainsi obtenu il est amorphe. Nous l'avons dissous dans l'alcool à 95° et précipité par addition ménagée d'eau; dans ces conditions il se présente en aiguilles cristallines.

La quantité obtenue à partir de 4^g d'acide phénylglyoxylique est de $2^g,80$ de composé pur, le rendement est donc de 40 % environ.

Le composé obtenu est bien le nitrile acide alcool de structure (I). Il ne présente pas de point de fusion net et se décompose lentement lorsqu'on le maintient à une température supérieure à 180°, il fond plus rapidement vers 210°; nous avons constaté, par comparaison avec un échantillon du produit obtenu dans des essais précédents en milieu alcalin, que le corps isolé est identique à l'acide (I).

Il est soluble dans les solutions alcalines diluées, mais se décompose en milieu alcalin concentré en régénérant le cyanure de benzyle et le sel alcalin de l'acide phénylglyoxylique, cette décomposition est rapide à chaud.

III. Soumis à l'action de l'acide chlorhydrique à 100° en milieu acétique, le nitrile acide alcool donne naissance à l'anhydride diphénylmaléique. Nous avons obtenu un composé facilement purifiable en milieu alcoolique dilué où il est peu soluble, et se présentant en beaux cristaux de coloration légèrement jaune. Le point de fusion net (156°) est en accord avec celui de l'anhydride diphénylmaléique.

Conclusion. — L'acide phénylglyoxylique se condense très difficilement avec le cyanure de benzyle en milieu hydroalcoolique en présence d'alcali (soude, potasse, carbonate de potassium) en donnant le mononitrile diphényloxysuccinique.

La condensation s'effectue par contre avec un bon rendement (40 %) sans solvant en présence de pipéridine.

Le nitrile obtenu est aisément transformé sous l'action de l'acide chlorhydrique en anhydride diphénylmaléique.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur la possibilité d'atteindre les constantes élastiques des cristaux par l'étude aux rayons X de l'agitation thermique des atomes.* Note de M. **Jean Laval**, présentée par M. Charles Mauguin.

I. La plupart des métaux ont un atome par maille. Leur pouvoir diffusant du premier ordre s'écrit [1]

$$p_1 = \frac{f^2 |\mathbf{X}|^2 H^2}{\sigma m} \left(\frac{E_1}{\nu_1^2} \cos^2 |\mathbf{XA}_1| + \frac{E_2}{\nu_2^2} \cos^2 |\mathbf{XA}_2| + \frac{E_3}{\nu_3^2} \cos^2 |\mathbf{XA}_3| \right),$$

et $\cos^2 |\mathbf{XA}_1| + \cos^2 |\mathbf{XA}_2| + \cos^2 |\mathbf{XA}_3| = 1$.

[1] *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 274 et 431

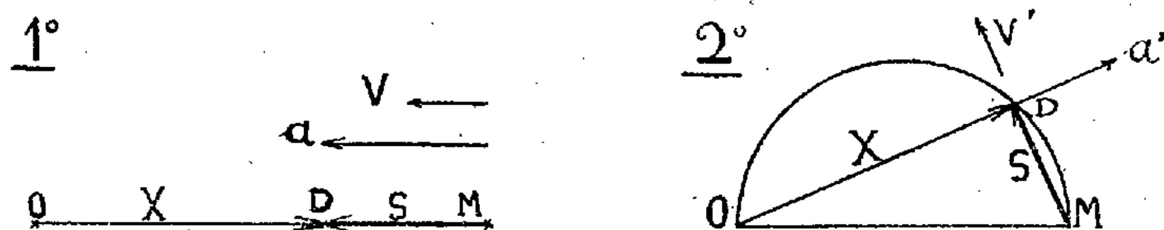
Les vibrations de fréquences ν_1, ν_2, ν_3 ont le même vecteur de propagation S, mais se déplacent d'ordinaire avec des vitesses distinctes V_1, V_2, V_3. En conséquence

$$p_1 = \frac{f^2 |\mathbf{X}|^2 H^2}{\sigma m |\mathbf{S}|^2}\left(\frac{E_1}{V_1^2}\cos^2|\mathbf{XA}_1| + \frac{E_2}{V_2^2}\cos^2|\mathbf{XA}_2| + \frac{E_3}{V_3^2}\cos^2|\mathbf{XA}_3|\right).$$

Supposons le vecteur $\mathbf{X}$ parallèle à l'une des vibrations

$$p_1 = \frac{f^2 |\mathbf{X}|^2 H^2 E}{\sigma m |\mathbf{S}|^2 V^2}, \qquad \text{d'où} \quad V = \frac{f|\mathbf{X}|H}{|\mathbf{S}|}\left(\frac{E}{\sigma m p_1}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

L'orientation du cristal, les directions des faisceaux incident et diffusé, situent le pôle de diffusion D dans une zone. Si M en est le centre, $\mathbf{S} = \overrightarrow{MD}$.
1° Dirigeons le vecteur $\mathbf{X} = \overrightarrow{OD}$ suivant une rangée OM du réseau polaire.



Le vecteur S est orienté de même; et le vecteur $\mathbf{X}$ se confond ou fait un angle très petit avec la vibration longitudinale ou pseudo-longitudinale a.
2° Plaçons le pôle de diffusion D dans un plan de symétrie et sur le méridien ODM d'une sphère ayant OM pour diamètre. Le vecteur $\mathbf{X}$ est perpendiculaire sur le vecteur $\mathbf{S}$, il coïncide ou fait un angle minime avec la vibration transversale ou pseudo-transversale a' contenue dans le plan ODM. Les mesures du pouvoir diffusant dans l'un et l'autre cas déterminent les vitesses V et V' des vibrations a et a'.

Des vitesses évaluées suivant des directions différentes on déduit les coefficients d'élasticité de Voigt. Il convient de placer le pôle de diffusion dans les zones de faibles notations et près de leurs centres. Ainsi les radiations du deuxième et du troisième ordre, celles de Compton, sont négligeables.

II. La maille élémentaire de la sylvine contient deux atomes. La sylvine a comme pouvoir diffusant du premier ordre

$$p_1 = \frac{|\mathbf{X}|^2}{\sigma m}\left(\sum \frac{E_\alpha}{\nu_\alpha^2}|\Phi_\alpha|^2 + \sum \frac{E_\omega}{\nu_\omega^2}|\Phi_\omega|^2\right) \qquad (\alpha, \omega = 1, 2, 3).$$

La première somme concerne les vibrations acoustiques, la seconde les vibrations rapides, celles qui ont des fréquences élevées, même si $\mathbf{S}$ est nul. En outre, l'ion Cl^{-1} et l'ion K^{+1} ayant des masses voisines peuvent être affectés du même facteur H.

Supposons le pôle de diffusion dans une zone paire $(M_1 + M_2 + M_3 = 2n)$ *près du centre*. Le pouvoir diffusant du premier ordre se réduit à celui des ondes acoustiques. Puisque $\mathbf{S}$ est petit, les vibrations acoustiques des ions Cl^{-1}

et celles des ions K^{+1}, qui forment une même onde, ont sensiblement la même amplitude, et leur fréquence est faible. Si la température égale ou excède la température ordinaire, les ondes acoustiques de faibles fréquences ont des énergies moyennes égales à kT. Dans ces conditions, le pouvoir diffusant du premier ordre est

$$p_1 = \frac{|\mathbf{X}|^2 H^2 (f_{Cl} + f_K)^2 kT}{\sigma m |\mathbf{S}|^2} \left(\frac{\cos^2 |\mathbf{XA}_1|}{V_1^2} + \frac{\cos^2 |\mathbf{XA}_2|}{V_2^2} + \frac{\cos^2 |\mathbf{XA}_3|}{V_3^2} \right);$$

$$H = \exp(-B|\mathbf{X}|^2 T); \quad (\text{à } T = 290^\circ K;\ B = 0,155 \times 10^{-18});$$

$$\cos^2 |\mathbf{XA}_1| + \cos^2 |\mathbf{XA}_2| + \cos^2 |\mathbf{XA}_3| \simeq 1.$$

Si le vecteur **X** est parallèle à l'une des amplitudes $\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \mathbf{A}_3$, on obtient la vitesse de l'onde correspondante. Les vitesses V_d déduites du pouvoir diffusant concordent avec les vitesses V_m mesurées par des procédés mécaniques ([2]).

Vibration.	Direction.	Sens de propagation.	$V_d \times 10^{-5}$.	$V_m \times 10^{-5}$.
Longitudinale......	100	100	4,5	4,51
Tranversale........	001	110	1,8₅	1,79
Transversale........	01$\bar{1}$	011	2,9	2,95

La distribution du rayonnement diffusé est conforme à la théorie. Les zones de la sylvine sont des cubo-octaèdres. Si le pôle de diffusion est dans une zone impaire ($M_1 + M_2 + M_3 = 2n + 1$), le rayonnement diffusé est dû surtout aux vibrations rapides leurs fréquences sont grandes, le pouvoir diffusant est petit. Si le pôle de diffusion se trouve dans une zone paire, ce sont les vibrations acoustiques qui produisent presque toute la diffusion : elles ont des fréquences petites, le pouvoir diffusant est grand. Aussi, les domaines de diffusion forte se confondent avec les zones paires.

III. Quel que soit le nombre des atomes contenus dans la maille élémentaire, les vibrations rapides ont des fréquences élevées et un pouvoir diffusant faible. Les vibrations acoustiques ont des fréquences moindres, qui s'annulent avec **S**; leur pouvoir diffusant peut s'écrire

$$p'_1 = \frac{|\mathbf{X}|^2}{\sigma m} \sum_{\alpha=1}^{3} \frac{E_\alpha |\Phi'_\alpha|^2 \cos^2 |\mathbf{XA}_\alpha|}{\nu_\alpha^2}.$$

Les ondes acoustiques donnent une diffusion intense si les facteurs de structure Φ'_α sont grands. Ces facteurs de structure tendent vers celui du cristal lorsque **S** tend vers zéro. *La diffusion est donc forte dans une zone* (M_1, M_2, M_3), *toutes les fois que la réflexion sélective* (M_1, M_2, M_3) *est intense*, et le pouvoir diffusant fort permet d'atteindre les vitesses des ondes acoustiques et les coefficients d'élasticité.

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1512, et *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, 52, 1939, p. 1.

GÉOLOGIE. — *Sur le Trias du massif du Chenoua (Département d'Alger).* Note de MM. **Jacques Flandrin** et **Alexis Lambert**, présentée par M. Charles Jacob.

A la fin de 1940, nous avons eu l'occasion d'étudier en détail le massif du Chenoua et de préciser l'âge de ses diverses formations. Nous avons notamment pu y déceler un Trias à puissant Muschelkalk marin, confondu jusque-là avec différents termes de la série liasique.

Une bonne coupe de ce Trias peut être relevée dans la vallée de l'Oued Sidi Abd er Rahmane, au Nord-Est du massif, sur la feuille au 1/50000 de Tipasa. Du Nord au Sud et de bas en haut, on observe la succession suivante :

1° Puissante série de dépôts rouges formés de conglomérats à éléments siliceux, de grès, plus ou moins grossiers ou psammitiques, et d'argiles. Ces formations rouges reposent sur une série à faciès flysch, d'âge primaire, où le Dévonien est représenté par des couches à *Tentaculites*. Leur épaisseur varie de 50 à 500^m.

2° Argiles rouges avec calcaires jaunâtres en plaquettes, environ 30^m.

3° Dolomies en gros bancs, environ 20^m.

4° Poudingue à ciment siliceux, parfois rouge, avec galets de dolomie, 20 à 30^m.

5° Calcaires vermiculés (dits à fucoïdes), calcaires siliceux et calcaires dolomitiques en gros bancs, environ 100^m.

6° Banc de calcaires à petits Gastéropodes, 1^m.

7° Calcaires vermiculés (dits à fucoïdes) en plaquettes, 1-2^m.

8° Marnes et calcaires gris en dalles, 8 à 10^m.

9° Marnes et calcaires marneux jaunes à Myophories du groupe de *M. intermedia* von Schauroth et petits Lamellibranches, 5 à 10^m.

10° Cargneules, 15^m.

La nature du contact de cette série avec le Lias inférieur n'a pu encore être précisée.

Par analogie avec ce qui est admis généralement en Algérie, nous attribuerons les assises inférieures de la série rouge au Permien, et ses termes supérieurs au Trias inférieur.

Le niveau 2° peut être rattaché au sommet du Werfénien (Röt).

Les niveaux 3° à 9°, caractérisés par leurs calcaires vermiculés et leurs Myophories, correspondent certainement au Trias moyen. Cette série calcaréo-siliceuse et dolomitique est légèrement transgressive d'Est en Ouest et elle arrive à reposer directement sur les poudingues du Permien.

Le niveau 10° pourrait représenter tout ou partie du Trias supérieur.

Les horizons 3° à 10° constituent une partie très importante des massifs calcaires du Chenoua. Nous avons pu les suivre sur tout son versant nord et sur une partie de son versant sud. A l'Ouest, ils forment la totalité du Koudiat S^i M^{ed} Berkani.

La présence dans le Chenoua de ce Trias à Muschelkalk calcaire, totalement

dépourvu de sédiments gypso-salins, permet d'étendre et de préciser les conclusions paléogéographiques apportées par M. P. Fallot et l'un de nous (¹), à la suite des découvertes faites dans le Djurdjura par le second signataire de cette Note (²). Elle démontre l'individualisation, dès le Trias, de la zone sur laquelle s'est érigée, au Nummulitique, la chaîne calcaire kabylo-rifaine (zone I^c de L. Glangeaud).

Le Trias du Chenoua montre en effet certaines analogies avec celui du Rif espagnol (³). Il se rattache également au Trias à Muschelkalk marin récemment signalé dans le Djurdjura. Dans ce dernier massif, toutefois, le Muschelkalk n'est pas uniformément représenté et le Permo-Trias rouge s'intercale souvent seul entre le Primaire et le Lias.

Plus à l'Est encore, dans la chaîne numidique, le Trias marin ne paraît pas exister et le Lias repose directement sur le Primaire ou le Permo-Trias. La mer du Trias moyen et supérieur ne s'est donc pas étendue d'une façon uniforme et pendant un égal laps de temps sur l'ensemble de la zone kabylo-rifaine. Dans ses grandes lignes, la transgression de cette mer paraît s'être effectuée de l'Ouest vers l'Est. Dans le Rif espagnol la série dolomitique du Muschelkalk et du Keuper atteint près de 1000 mètres de puissance. Au Chenoua, l'épaisseur du Muschelkalk est déjà beaucoup moindre (150 à 200 mètres), et les cargneules attribuées au Keuper n'ont plus un cachet franchement marin. A la hauteur du Djurdjura, on arrive dans une région à faciès mixte où le Trias moyen est tantôt marin, tantôt continental ou absent. Lorsque le Muschelkalk marin existe, il s'intercale entre deux séries de grès rouges attribuables au Trias inférieur et au Trias supérieur. Enfin, la mer du Muschelkalk ne paraît pas avoir atteint la chaîne numidique.

Malgré les variations de faciès que l'on peut y déceler, le Trias de la chaîne calcaire kabylo-rifaine s'oppose nettement, par l'absence de sédiments gypso-salins, au Trias essentiellement lagunaire que l'on connaît plus au Sud, dans le sillon tellien et le sillon pré-rifain.

En Algérie, le passage d'un faciès à l'autre s'opère brusquement lorsqu'on franchit la limite qui sépare la chaîne calcaire kabyle (zone I^c de L. Glangeaud) du Flysch crétacé qui la borde vers le Sud (zone I^d de L. Glangeaud). Il convient donc de placer entre ces deux unités paléogéographiques et structurales la ligne de séparation le long de laquelle s'établit le contact entre la zone des Kabylies et la zone du Tell.

(¹) *Comptes rendus*, **210**, 1940, pp. 146 et 255.
(²) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 924; **209**, 1939, p. 44; **214**, 1942, p. 377.
(³) P. Fallot, *Notes et Mémoires du Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, nº **40**, 1937, pp. 306 à 330.

TECTONIQUE. — *Style tectonique du Bas-Languedoc, entre Bas-Rhône et Corbières orientales.* Note de M. **Pierre George**, présentée par M. Charles Jacob.

Entre le rebord des chaînes subalpines au sud du Diois et les Corbières s'étend une large zone de comportement rigide, formant un trottoir sédimentaire au pied des Cévennes et de la terminaison orientale de la Montagne Noire sur 200^{km} de long et 30 à 50^{km} de large. Cette zone nous apparaît comme une unité tectonique indépendante des aires structurales voisines, présentant des réactions originales aux forces qui se sont manifestées dans le Midi méditerranéen du Crétacé au Quaternaire.

1° *Nature des accidents.* — Du Rhône aux Corbières, la tectonique languedocienne est à peu près exclusivement une tectonique cassante. Il s'agit de grands accidents orientés du Nord-Est au Sud-Ouest (orientation hercynienne classique des plis varisques), délimitant des gradins ou des horsts et des fossés interrompus par des bassins de subsidence situés à l'intersection d'accidents de direction méridienne ou subméridienne. Dans le détail, cette disposition est compliquée par la présence de plis-failles Est-Ouest (direction pyrénéo-provençale, type Pic Saint-Loup). Les décalages les plus importants sont enregistrés entre horsts Sud-Ouest, Nord-Est et bassins de subsidence (2000^m au moins pour le bassin de Pézenas) (1). L'écart est moins grand entre éléments positifs et négatifs du faisceau hercynien, mais les rejets appréciables sont toujours de l'ordre de plusieurs centaines de mètres. Il paraît plus important au Sud-Ouest, par exemple dans le bassin de Narbonne (2).

2° Genèse des accidents. — *La structure actuellement visible est le résultat d'une évolution remarquablement continue qui s'est poursuivie sans interruption durable du Crétacé moyen jusqu'au Quaternaire.*

Le morcellement de la zone étudiée est sensible dès l'individualisation de l'isthme durancien, par la détermination d'un certain nombre d'aires de subsidence où se sont accumulées les bauxites dans lesquelles nous voyons un dépôt de *bassins fermés* en région calcaire (3), celles-ci étant recouvertes ensuite par les *formations lacustres* du Rognacien. A l'extrémité Nord-Est du système, les bassins de Carpentras et du Haut-Comtat s'enfoncent pendant tout le Crétacé supérieur. Dans les Garrigues se creusent les bassins de Saint-Martin de Londres, de Sommières etc. Les dislocations hercyniennes proprement dites sont rajeunies à une époque très voisine : l'individualisation de compartiments soulevés et de fossés est soulignée par l'épandage des couches à argiles réfractaires et à lignites du Crétacé supérieur à l'Éocène dans le Gard. Les contrastes sont accentués au moment de la phase majeure de mise en place des Alpessans que le style soit modifié. Les grands accidents SW-NE, déjà sensibles à la fin du Crétacé, prennent figure de lignes directrices de la structure et du relief (fin de l'Oligocène).

---

(1) Pierre George, *Études géographiques sur le Bas-Languedoc*, I. *La Région Montpelliéraine*, Paris, 1938, p. 52.

(2) Pierre George, *Bull. Assoc. Géogr. Fr.*, n° 116, 1938, pp. 108-117.

(3) Pierre George, *La Région du Bas-Rhône*, Paris, 1939, p. 36.

Des travaux récents et nos recherches personnelles permettent d'affirmer que les mouvements se sont poursuivis après le Miocène et après le Pliocène (4). Les plateaux situés au Nord de Montpellier (Garrigues) sont manifestement aplanis par l'éorsion à 200 et 300m sur de grands espaces, ce qui suppose une évolution morphologique très poussée au voisinage de niveaux de base à ces altitudes. Or, la série marine miocène, complète, ne dépasse pas aujourd'hui 100m (traces de rivage à 140m) (5). Le Plaisancien marin n'apparaît pas dans l'Hérault; le plus haut rivage pliocène connu est à 60m (6). Aucun raccord n'est possible entre les surfaces d'aplanissement et aucun niveau de base connu dans la région. D'autre part, le Miocène et le Pliocène marin sont, ici, 100 et 150m plus bas que dans la vallée du Rhône. Miocène et Pliocène portent la trace de déformations le long des accidents radiaux et de tassements dans les fossés (7). Ces déformations sont à mettre en relation chronologique et tectonique avec le volcanisme de la région d'Agde, qui est quaternaire. M. Erhart a signalé un paléosol rapporté à la terrasse de 15-18m et fossilisé par une coulée de basalte de 8 à 10m d'épaisseur entre Bessan et Saint-Thibéry, près d'Agde (8).

3° *Signification des mouvements.* — Une fois les zones de subsidence (bassins et fossés) déterminées, elles ont continué à s'ennoyer tandis que les aires positives doivent être considérées comme demeurant stables (conservation des surfaces d'aplanissement perchées parfaitement horizontales et passant d'un bloc à un autre par dessus les fossés). Cette constatation nous conduit à conclure, contrairement à l'opinion généralement admise (9), que l'essentiel des mouvements enregistrés dans la basse vallée du Rhône et le Bas-Languedoc est attribuable à des phénomènes d'ennoyage dans les bassins et les fossés de la zone sous-cévenole, tout le long de la côte du Golfe du Lion, plutôt qu'à une épéirogénie alpine, dont l'intérêt tectonique n'apparaît que localement et très près de la chaîne (redressement du Pliocène marin à Hauterives et à Nyons).

Le style tectonique de la zone sous-cévenole se définit comme la tendance à l'ennoyage de bassins et de fossés inscrits dans un faisceau de dislocations radiales, affirmée depuis le Crétacé moyen jusqu'au Quaternaire inclus. Il apparaît comme caractérisant une zone de contact entre un vieux socle (Massif central) et une aire de subsidence complexe, le bassin de la Méditerranée occidentale. C'est pourquoi nous proposons d'appeler cette zone *sous-cévenole* ou *méditerranéenne.*

---

(4) G. Denizot, *Bull. Serv. Carte géol. France*, **42**, n° **203**, Paris, 1940, pp. 163-171; Pierre George, *Études géographiques sur le Bas-Languedoc*, pp. 71-82, spécialement pp. 90-91 (*C. R. Somm. Soc. Géol. France*, 2 mars 1942).

(5) Pierre George, *Études géographiques...*, p. 74.

(6) *Ibid.*, p. 79 et 88.

(7) G. Denizot, *loc. cit.*; L. Joleaud, *Géologie et paléontologie de la Plaine du Comtat. II. Description des terrains néogènes*, Marseille et Montpellier, 1912.

(8) H. Erhart, *Comptes rendus*, **211**, 1940, pp. 401-403.

(9) M. G. Denizot a cependant exprimé un avis conforme à l'opinion soutenue ici au cours d'une discussion engagée à ce sujet (*Bull. Assoc. Géogr. Fr.*, n° **113**, avril 1938, pp. 71-72).

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les rapports et la distribution paléogéographique de quelques Éléphants fossiles.* Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Charles Jacob.

Au cours de ma Mission dans la Vallée de l'Omo (Abyssinie), j'ai recueilli une importante série de débris d'Éléphants fossiles qui se rapportent à *Elephas antiquus Recki* Dietrich, du Pléistocène ancien de l'Afrique Orientale. Parmi ces débris se trouvent deux crânes; l'un, à peu près intégralement conservé, a permis de déterminer les affinités réelles de cette espèce, dont on ne connaissait jusqu'ici que les dents et quelques os des membres.

Des comparaisons effectuées avec les crânes des diverses formes d'Éléphants fossiles de l'Europe et de l'Asie, recherches dont l'exposé fait l'objet d'un travail destiné à un autre Recueil ([1]), il résulte que l'espèce africaine ne présente, contrairement à ce que pensait son auteur, aucun rapport avec l'*El. antiquus*. Il s'agit, bien au contraire, d'une forme apparentée étroitement à l'*El. meridionalis* et, plus encore, à l'*El. hysudricus* du Pliocène supérieur et du Pléistocène du Sud de l'Asie. Cette constatation conduit, malgré l'opinion généralement admise, à rayer l'Afrique de l'aire de distribution de l'*El. antiquus*, car aucune des citations de cette espèce sur ce continent ne peut être actuellement maintenue.

En premier lieu, en effet, les formes de petite taille signalées en Afrique du Nord par Adams A. Leith ou par Pomel (*El. iolensis*) appartiennent au groupe des Éléphants nains des régions méditerranéennes, lesquels se rattachent, par leurs caractères crâniens et dentaires, à l'*El. namadicus* de l'Inde et de l'Asie extrême orientale. Ce dernier, autrefois identifié à l'*El. antiquus* d'Europe, ou considéré comme un de ses très proches parents à cause de sa morphologie dentaire, appartient, d'après son architecture crânienne, à un tout autre type : son crâne est platycéphale; sa face est raccourcie, élargie dans sa région frontale et surplombée d'un torus supra-nasal caractéristique. *El. antiquus*, au contraire, dont le crâne est maintenant connu par les trouvailles concordantes de Pignataro-Interamna en Italie méridoinale, et de Steinheim en Würtemberg, est hypsicéphale; sa face est longue et étroite; son front, plat; et il se rapproche morphologiquement par l'ensemble de ses caractères de l'Éléphant d'Asie. La similitude dentaire des deux espèces fossiles n'est qu'un caractère de convergence. D'autre part les particularités crâniennes de l'*El. namadicus* se retrouvent toutes sur les crânes d'*El. mnaidriensis*, la plus grande des espèces naines méditerranéennes; elles suffisent à démontrer les affinités réelles de celles-ci.

En second lieu, la grande espèce du Quaternaire ancien de l'Afrique du

([1]) *Mission scientifique de l'Omo* (sous presse.)

Nord, l'*El. atlanticus* de Pomel, que certains paléontologistes pensaient pouvoir rattacher à l'Éléphant antique, appartient, elle aussi, à un groupe différent : c'est une forme loxodonte typique, très voisine de l'Éléphant actuel d'Afrique, et dont la dentition, très primitive, se relie par des transitions morphologiques insensibles à celle de l'espèce vivante; j'ai eu l'occasion de signaler ici-même ([2]) une de ces formes transitionnelles.

La distribution des Éléphants nains montre que l'aire d'extension, au cours du Quaternaire, de l'*El. namadicus* a atteint les parages méditerranéens. Il n'est pas exclu de penser, étant donné l'extrême variété des dents de nos gisements quaternaires attribuées à l'*El. antiquus* et dont certaines (par exemple celles de type laticoronate, à formule laminaire faible) rappellent beaucoup celles de l'*El. namadicus*, que cette dernière espèce n'ait existé aussi en Europe continentale, hypothèse qu'évidemment seule la découverte de crânes caractéristiques pourra confirmer.

Aucune raison géographique ne s'oppose, toutefois, à une telle hypothèse, puisque l'on sait qu'à la fin du Pliocène le groupe des Archidiscodontes *planifrons-meridionalis-hysudricus* s'est étendu à la fois à l'Europe, à l'Asie et à l'Afrique. Il n'est, enfin, pas impossible non plus qu'à la fin du Quaternaire, certaines hardes de l'Éléphant antique, chassées d'Europe par le changement climatique contemporain de la dernière glaciation, n'aient émigré jusqu'en Asie extrême-orientale où elles auraient été l'origine de l'Éléphant actuel d'Asie. Depuis longtemps en effet, les paléontologistes ont observé, dans le Quaternaire supérieur de l'Inde, et plus récemment dans celui de la Chine ([3]), de nombreux types de passage entre les dents fossiles du type *namadicus-antiquus* et celles de l'espèce vivante; la structure crânienne de l'Éléphant antique, telle que nous la connaissons maintenant, et celle de l'Éléphant d'Asie sont loin de s'opposer à une telle filiation.

BOTANIQUE. — *Sur les différenciations provoquées par les blessures dans les gousses de Pois* (Pisium sativum *L.*). Note de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Marin Molliard.

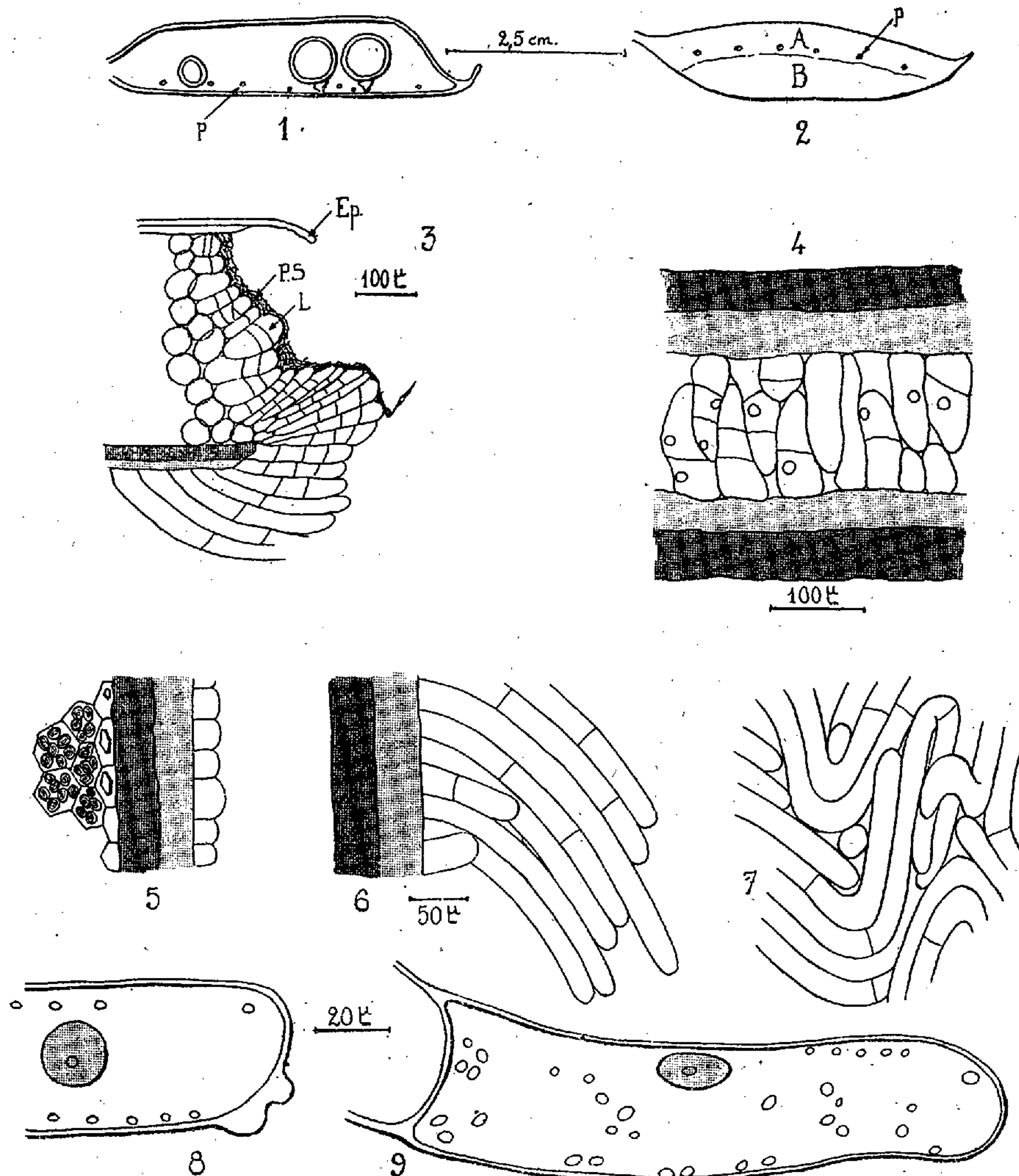
Des gousses de Pois de 5 à 6^cm de longueur ont été perforées le 16 juin à l'aide d'une aiguille, normalement à la surface des valves et en 5 à 7 points plus ou moins éloignés du bord placentaire (*fig.* 1 et 2, *p*); les fruits ont ensuite évolué sur pied dans les conditions naturelles. Les récoltes ont eu lieu 10 jours plus tard; les gousses, de même longueur qu'à l'origine, présentaient alors l'aspect suivant :

a. les fruits perforés de façon à éviter les graines (*fig.* 2) montraient une soudure des valves dans la région atteinte (A) et un accroissement sensible en

([2]) Arambourg et Tilho, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1775.

([3]) Teilhard de Chardin et Trassaert, *Paleont. Sinica*, Série C, 13, fasc. I, 1937, p. 51.

épaisseur dans la moitié adjacente au placenta (B); les graines, développées dans un espace réduit, s'étaient plus ou moins déformées par pression réciproque;



A l'extérieur de l'endocarpe laissé en blanc se trouvent successivement : un parenchyme (en grisé clair), des fibres lignifiées obliques (en grisé foncé), des cellules à cristaux et le mésocarpe bourré d'amidon.

b. dans les péricarpes perforés dans la région des graines, ces dernières étaient souvent avortées, et les gousses renfermaient un tissu anormal d'aspect cotonneux.

L'examen microscopique permet de distinguer deux sortes de réactions dans les valves blessées; examinons-les successivement.

1. *Au niveau même des perforations* (*fig.* 3), *les bords de la plaie présentent la structure stratifiée caractéristique des parenchymes cicatrisés :* des éléments morts et contractés de parenchyme sacrifié (P. S), des cellules à paroi

lignifiée (L) formant des rudiments de lame ligno-subéreuse, enfin des cellules cloisonnées, particulièrement nombreuses au voisinage des nervures. Comme dans d'autres organes minces, les divers tissus de la cicatrice ne présentent pas ici la même régularité de disposition que dans les organes massifs de structure plus homogène.

2. *A l'intérieur des fruits blessés, des proliférations ont pris naissance.* Elles forment une bourre cotonneuse entre les graines qui ont survécu aux piqûres voisines du placenta (*fig.* 1). Dans les gousses perforées plus loin des graines (*fig.* 2), des excroissances des deux valves s'accolent et maintiennent ces dernières en contact étroit (*fig.* 4). Toutes ces intumescences dérivent essentiellement de l'endocarpe originel figuré plus haut (*fig.* 5). Le traumatisme a déterminé, souvent loin des piqûres, l'allongement de ses cellules en poils cloisonnés particulièrement longs lorsque les graines ont été détruites. Ils ont généralement la même orientation (*fig.* 6), mais, au voisinage des graines qui ont pu poursuivre leur croissance, ils s'enchevêtrent et constituent une sorte de faux-tissu (*fig.* 7). Leurs cellules renferment de nombreux plastes et un gros noyau (*fig.* 9); la face externe de leur membrane porte parfois des verrues (*fig.* 8).

Les deux tissus décrits dans les paragraphes précédents se rejoignent à la face interne des valves, au niveau de l'orifice de chaque piqûre; ils rappellent respectivement le liège de blessure et le cal considérés depuis Frank comme les types fondamentaux de tissus cicatriciels. Malgré leur proximité, ils ont pris naissance, l'un dans le milieu très humide constitué par l'atmosphère de la gousse, l'autre sur les bords de la plaie, c'est-à-dire dans une région perdant activement de l'eau. Ces faits, rejoignant d'autres observations, confirment que l'humidité du milieu joue bien un rôle essentiel dans l'apparition des cals, tandis qu'une dessiccation modérée favorise la différenciation des cicatrices ligno-subérifiées.

Au sujet de l'origine des intumescences précédentes, rappelons que Kuster en a observé de semblables en plaçant des gousses en milieu saturé d'humidité (¹); il est donc probable que le traumatisme a déterminé un afflux d'eau dans les cellules de l'endocarpe, vraisemblablement par suite d'une accumulation préalable de substances solubles dans le suc cellulaire.

La réaction énergique des cellules de l'endocarpe permet de considérer la gousse de Pois comme un matériel de choix dans l'étude des réactions traumatiques; d'autres Légumineuses ont déjà attiré l'attention des chercheurs par des propriétés analogues (Küster, Garms, Bonner et English etc.). Remarquons toutefois que la production des intumescences est une réponse à certaines modifications osmotiques des cellules qui ne paraissent pas nécessairement résulter d'excitations traumatiques.

(¹) *Flora*, 96, 1906, p. 527.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la dédifférenciation des cellules du parenchyme libérien de Carotte cultivé* in vitro *en présence d'hétéroauxine.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons indiqué (1) comment le parenchyme libérien de Carotte cultivé *in vitro* en présence de fortes doses d'hétéroauxine (10^{-5}) produit des racines par dédifférenciation de ses cellules en deux temps. Le premier temps aboutit à la formation d'un néo-tissu résultant des premiers cloisonnements des cellules parenchymateuses. Des assises génératrices se forment souvent dans ce néo-tissu. De ces assises ou d'îlots cellulaires restreints naissent des méristèmes primaires de racines : c'est le second temps de dédifférenciation.

Le parenchyme libérien est constitué de grandes cellules presque entièrement remplies par la vacuole. Le cytoplasme forme une couche pariétale très mince. Les noyaux sont fusiformes ou lenticulaires, accolés à la paroi cellulaire. Le cytoplasme contient un chondriome très fin, en filaments, bâtonnets et grains, des chromoplastes portant de grands cristaux de carotène, aux formes les plus variées, ainsi que des granulations liposolubles, dont certaines au moins semblent phospholipidiques (réaction de Smith-Dietrich). Beaucoup de celles-ci sont associées aux chromoplastes.

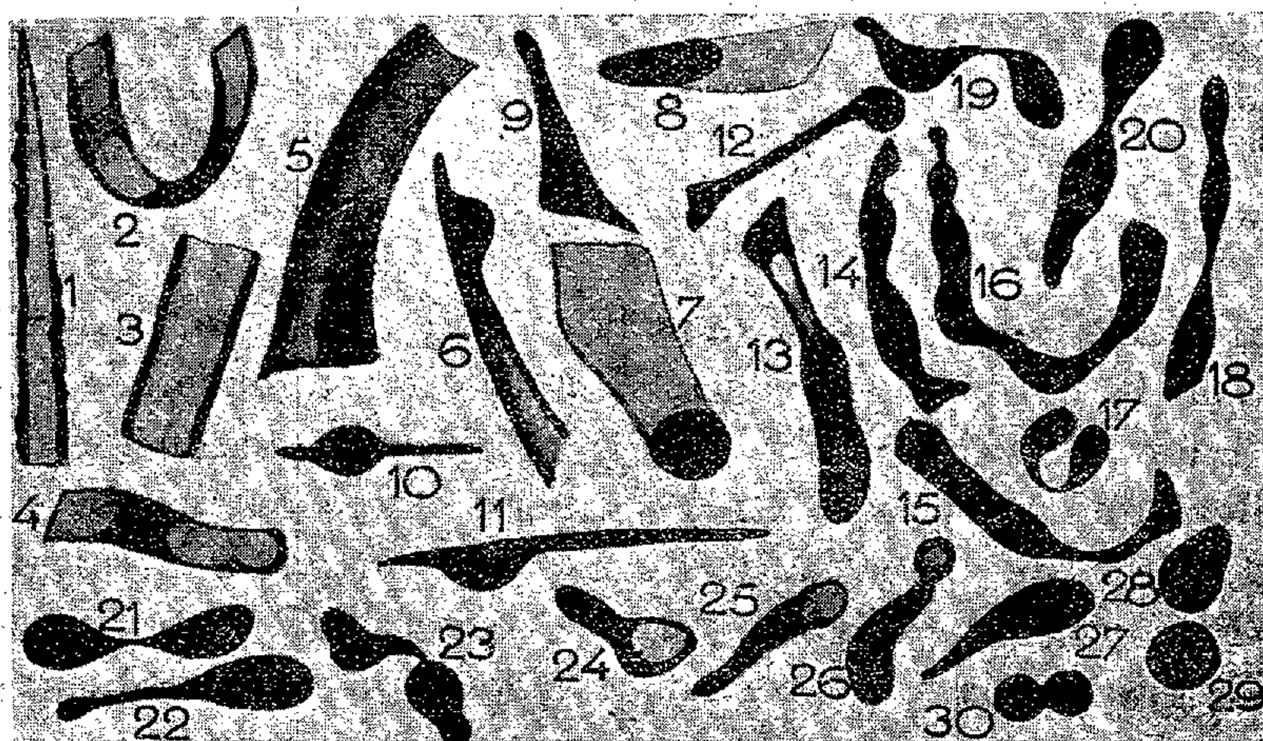
Les premiers signes d'activation de ces cellules sont nucléaires. Les petits noyaux s'enrichissent progressivement en chromatine (réaction de Feulgen), et se divisent avant que les autres éléments figurés de la cellule aient subi de modification visible. La principale particularité des premières mitoses est l'aplatissement considérable de la masse nucléaire à la télophase, lors de la formation de la plaque cellulaire, dont la surface est ainsi rendue maximum. Elle ne suffit cependant pas toujours à cloisonner entièrement la cellule mère et il se forme souvent des cellules plurinucléées ou à cloisons incomplètes, mais ceci n'est que transitoire.

On aboutit à un tissu de cellules plus petites, où l'on reconnaît au début les cadres des cellules mères. Alors commence la dédifférenciation du chondriome et des plastes. Les plus longs chondriocontes se raccourcissent en s'épaississant et se divisent en bâtonnets et en mitochondries de plus en plus globuleuses.

La régression des chromoplastes est plus difficile à suivre en raison de la diversité de leur forme et de leur taille. En outre ils sont décolorés par les fixateurs qui les conservent, et ils se dépigmentent naturellement en se dédifférenciant. Nous n'avons reconnu cette involution qu'à l'aide de nombreuses observations sur le vivant et de coupes colorées par la méthode de Küll (fuchsine d'Altmann) après fixation au Meves, ces techniques se contrôlant réciproquement. Dans beaucoup de cas on constate d'abord une réduction de la taille du

(1) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 808-810.

plaste, qui conserve plus ou moins longtemps la même forme cristalline ; puis le corps mitochondrial du plaste se condense autour du cristallite qui se résorbe en son intérieur. Cette *régénération* du plaste est souvent accentuée soit à une extrémité (*fig*. 7, 8), soit aux deux (*fig*. 12, 13), soit sur le trajet du cristallite (*fig*. 6, 10, 11). La résorption de celui-ci supprime les formes anguleuses et rigides du chromoplaste, il ressemble bientôt à un grand chondrioconte, plus épais que les autres (*fig*. 14 à 18). Il se raccourcit ensuite et se divise par étranglements, d'où les aspects en fuseaux fréquemment observés (*fig*. 19 à 23). Peu à peu ces plastes deviennent sphériques et leur taille diminue au fur et à mesure de leurs divisions (*fig*. 24 à 30). Au cours de cette involution, le plaste se



Figures de régression des chromoplastes de Carotte (Meves-Fuchsine).

décolore progressivement, souvent avant de perdre sa force cristalline, indice possible de réactions de saturation de la molécule de carotène. Souvent de tels plastes donnent plus volontiers les réactions des lipides (Noir-Soudan-B). On trouve parfois des granulations lipidiques carotinoïdes sur des plastes ainsi décolorés.

Cette première phase de dédifférenciation s'accompagne d'accroissement de la quantité des granulations liposolubles du cytoplasme; ceci peut aller jusqu'à la formation de cellules littéralement bourrées de gros globules. Il semble s'agir surtout d'essences comme en sécrètent seules les cellules des canaux sécréteurs dans le tubercule normal. Qu'elles soient alignées en assises génératrices ou non, on aboutit alors à des cellules à grande vacuole unique et à cytoplasme pariétal, mais dont le chondriome est entièrement à l'état de mitochondries et de bâtonnets. Le noyau est un peu plus gros et plus chromatique que dans les cellules initiales. Ces caractères sont également ceux des cellules du cambium : la première phase de dédifférenciation ramène donc les cellules du parenchyme libérien à la structure des cellules cambiales dont elles dérivent.

La seconde phase concerne surtout le noyau et les vacuoles. Le chondriome achève de se segmenter en bâtonnets très fins et courts, puis en mitochondries granuleuses. Les noyaux se divisent plus activement, ils s'enrichissent encore en chromatine et deviennent sphériques; le rapport nucléo-plasmique augmente considérablement.

La grande vacuole des cellules de type cambial se réduit et se segmente jusqu'à former des vacuoles sphériques, puis filamentueuses, à contenu concentré. Les fixateurs y forment alors des précipités sidérophiles. Cette dernière phase, qui s'accompagne de l'organogénèse du méristème primaire, aboutit à la formation de cellules embryonnaires normales.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Sur la possibilité d'accroître la production d'huile des cultures de Colza.* Note de M. **Émile André** et Mme **Madeleine Kogane-Charles**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Parmi les plantes oléagineuses dont la culture réussit en France, le Colza, *Brassica Napus* L. subsp. *oleifera* D. C., passe pour fournir la plus grande quantité d'huile par hectare cultivé. Le rendement obtenu n'est cependant pas aussi élevé qu'il pourrait l'être, en raison d'une particularité botanique concernant le fruit de cette plante. Le Colza appartient à la sous-famille des Crucifères-Brassicées, dont le fruit est une silique déhiscente. Les fleurs sont disposées en grappe, la fleur terminale s'épanouit et fructifie la dernière. Pour celles qui viennent ensuite, floraison et fructification s'échelonnent dans le temps jusqu'au moment de la récolte, pratiquée lorsque les premières siliques sont mûres et prêtes à s'ouvrir. Cette récolte prématurée permet d'éviter une perte de graines par *écalage*. Par contre elle entraîne un manque à gagner, parce que, parmi les siliques qui se trouvent placées le long de l'inflorescence, celles du bas sont mûres, les suivantes sont, les unes à peine mûres, les autres imparfaitement mûres, celles d'en haut enfin ont leurs graines à peine formées. En compulsant la littérature scientifique et technique concernant la culture du Colza, il nous a semblé que jamais encore on n'avait essayé de chiffrer le manque à gagner causé par la récolte précoce. L'objet de la présente Note est de montrer qu'il est possible d'en déterminer l'ordre de grandeur avec une approximation suffisante.

Nous avons étudié un petit lot de graines de Colza récoltées en 1941 dans une exploitation agricole de la Gironde. Dès l'abord nous avons été frappés par la diversité de calibre et de couleur de ces graines. Nous avons procédé à leur calibrage en les faisant passer à travers une série de cinq tamis garnis de tôle, perforée d'ouvertures de forme allongée, de largeur décroissante. Le refus de chacun des cinq tamis a fourni cinq lots de graines. Pour chaque lot nous avons déterminé : 1° le calibre moyen des graines; 2° le nombre de

graines contenues dans un gramme; 3° la teneur en huile. L'extraction a été faite par l'essence légère de pétrole.

Caractères des divers lots de graines retirés de l'échantillon total.

Graines.	Calibre moyen (mm).	Proportion % dans l'échantillon total.	Nombre de graines dans 1g.	Teneur % en humidité.	Teneur % en huile.
Très grosses........	2,0 à 2,5	1,3	196	8,81	39,7
Grosses..............	1,6 1,9	15,3	218	9,16	38,5
Moyennes..............	1,4 1,6	59,4	287	9,48	37,2
Petites................	1,2 1,4	20,5	477	10,38	31,8
Très petites..........	0,5 1,2	3,5	564	11,23	24,9

Caractères des huiles retirées des divers lots de graines.

Graines.	Couleur.	Densité à + 15°.	Acidité en acide oléique %.	Indice de saponification.	Indice d'iode (Hanus).
Très grosses..........	Jaune pâle	0,913	–	176	96,0
Grosses..............	Jaune roux clair	0,916	1,29	177	97,5
Moyennes.............	Jaune roux	0,915	1,35	174	97,0
Petites...............	Jaune vert	0,915	2,23	171	95,0
Très petites..........	Verte	0,915	5,00	176	98,0

Aux diverses données numériques qui figurent dans les deux tableaux ci-dessus, nous ajouterons que les graines tout venant de l'échantillon paysan reçu, fournissaient une teneur en huile de 35,8 %.

Nous avons calculé le manque à gagner en huile pour un kilo de graines de l'échantillon considéré, de la manière suivante : Nous avons pris les graines moyennes comme type de graines arrivées à maturité.

Dans un kilo d'échantillon paysan nous avons établi qu'il existe 205g de graines petites et 35g de graines très petites.

Le rendement en huile des graines moyennes est de 37,2 %, un gramme de ces graines, soit 287 unités, fournissent 0g,372 d'huile et une graine 0g,001296.

Petites graines : 205g de graines à 477 graines par gramme donnent 97785 graines qui fourniraient à maturité $0{,}001296 \times 97785 = 126^{g},73$ d'huile au lieu de

$$\frac{31{,}8 \times 205}{100} = 65^{g},170,$$

soit une plus-value de 61g,56 d'huile.

Très petites graines : 35g de graines à 564 graines par gramme donnent 19740 graines qui fourniraient à maturité $0{,}001296 \times 19740 = 25^{g},58$ d'huile au lieu de

$$\frac{24{,}9 \times 35}{100} = 8^{g},71,$$

soit une plus-value de 16g,87. La plus value totale s'établirait donc à

$$61{,}56 + 16^{g},87 = 78^{g},43.$$

Un kilo de graines tout venant fournit 358g d'huile, il en donnerait 437g,4 si les graines petites et très petites pouvaient se développer jusqu'à devenir des graines moyennes et l'augmentation de rendement serait très voisine de 22 % (21,9).

Nous avons voulu rester très modérés en ne tenant point compte du fait qu'une proportion inconnue de graines moyennes se développeraient jusqu'à devenir de grosses graines. En admettant que la plus-value totale atteindrait en réalité 25 %, nous croyons ne commettre aucune exagération.

Conclusion. — Il serait possible de remédier d'une façon appréciable à la moins-value en huile : 1° en sélectionnant des variétés de Colza dont la floraison totale et la fructification seraient très resserrées dans le temps, de telle sorte que les siliques les dernières venues seraient plus près de la maturité au moment de la récolte; 2° en sélectionnant des variétés à silique difficilement déhiscente, ce qui retarderait l'écalage et permettrait une récolte plus tardive. La variété *Colza parapluie* passe pour présenter cet avantage.

Pour terminer, nous rappellerons que les agriculteurs qui produisent du Colza auraient intérêt à pratiquer eux-mêmes le calibrage (au moins partiel) de leurs graines en conservant pour les semer les graines les plus grosses, c'est-à-dire les plus mûres et les plus riches en huile.

ZOOLOGIE. — *Sur l'embryologie des Myriapodes du groupe des* Symphyla. Note [1] de M. Constantin Dawydoff, présentée par M. Maurice Caullery.

Le développement des *Symphyla* n'a été jusqu'ici absolument pas étudié. Personne n'avait même encore vu les jeunes au moment de leur éclosion, de sorte que la phase initiale du cycle postembryonnaire, dans ce groupe primitif de Myriapodes, reste inconnue. Au cours de mon séjour de six ans en Indochine, j'ai toujours cherché une occasion d'observer l'ontogénèse des Symphyles; c'est seulement dans mon dernier voyage (1938-1939) que j'ai eu la possibilité d'aborder cette question. Bien que mes études soient restées inachevées, les observations que j'ai réussi à faire peuvent servir de point de départ pour les recherches futures. Les résultats les plus démonstratifs ont été obtenus avec les pontes d'une *Symphylella* (voisine de *S. simplex* Hans.) du Haut-Tonkin, recueillies en juillet-août, et avec celles d'une *Hanseniella* (espèce nouvelle, voisine de *H. orientalis* Hans.) du plateau de Lang-Biang (Sud-Annam), recueillies en mai-juin.

Les œufs de ces deux espèces ont été trouvés pondus dans les endroits humides (trous creusés dans le sol, ou dans les débris pulvérulents des troncs d'arbres abattus et en décomposition). Ces nids primitifs sont bien cachés et protégés contre la lumière. La femelle reste sur sa ponte jusqu'après l'éclosion des petits. Les œufs d'une ponte ne sont pas libres, mais agglomérés en une masse commune. L'œuf est petit (0,02-0mm,03 de diamètre), assez riche en dentoplasme et pourvu

(1) Séance du 16 mars 1942.

d'un chorion hérissé, sur toute sa surface, de petits tubercules. Chez *Symphylella*, cette ornementation est moins accusée que chez *Hanseniella*, ce qui permet de suivre le développement *in vitro*.

La segmentation est *parfaitement totale*. Jusqu'à la fin les blastomères restent absolument indépendants, de sorte que, contrairement au cas des Diplopodes (*Polydesmus*), la segmentation ne devient pas partielle aux stades avancés, pour s'achever suivant le type superficiel.

La segmentation est subégale, mais non régulière; sa marche, à partir du début même du processus, n'étant pas rigoureusement définie, on n'y trouve ni coordination apparente, ni simultanéité dans la marche de cinèses. Chaque blastomère semble se diviser pour son compte. Pendant la segmentation, tous les blastomères restent à la périphérie de l'ébauche, jusqu'au commencement de la gastrulation. Ainsi la segmentation aboutit non au stade de morula (cas de *Polydesmus*), mais au stade de blastula. On a une *cœloblastula typique*, pourvue d'un blastocœle bien développé, qui apparaît très tôt (au stade 24, et même 16). Avant que les feuillets embryonnaires soient différenciés dans la région postérieure du blastocœle, en un point qui correspond à l'extrémité postérieure du futur blastopore, apparaît un amas de cellules qui se détachent du blastoderme et restent sur place, jusqu'à des stades très avancés de l'ontogénèse. Je me crois autorisé à considérer ces cellules comme des éléments génitaux primordiaux.

Le processus de la gastrulation se fait par une *véritable invagination*, qui, sous sa forme typique, n'a jamais été observée, ni chez les Myriapodes, ni chez les Insectes. Sur la surface de la cœloblastule sphérique apparaît un long sillon, qui occupe presque la moitié du méridien médian de l'ébauche. Ce sillon étroit, mais très profond et dont l'apparition détermine la face ventrale de l'embryon, ne représente pas un simple foyer de prolifération des éléments blastodermiques, destinés à la constitution du feuillet intérieur (entomésoderme), comme cela a lieu chez les Diplopodes et les Insectes, mais doit être considéré comme une véritable invagination gastrale. En effet la gastrulation aboutit à la formation d'une gouttière archentérique, très spacieuse, dont les parois sont faites par des éléments endodermiques (relativement peu nombreux), agencés en une couche unistratifiée, épaisse, mais assez mal ordonnée. La cavité gastrale, bien développée, mais de forme irrégulière, persiste quelque temps, même après la fermeture du blastopore, puis disparaît, les éléments endodermiques qui l'ont limitée se regroupant et finissant par s'agencer en un cordon cellulaire massif. Cette ébauche du mésentéron, très volumineuse par rapport à la taille du corps embryonnaire, est appelée à subir une longue série de changements histogénétiques, avant de se transformer en le tube intestinal définitif. Aux stades avancés, je l'ai vue transformée en une masse syncytiale pleine, vacuolisée, assez riche en dentoplasme et avec de nombreux noyaux, dont la majorité se trouvaient en voie de concentration à la périphérie, tandis

que les autres, relativement peu nombreux, restaient au centre et jouent le rôle de vitellophages.

Les portions ectodermiques de l'appareil digestif, stomodeum et proctodeum, sont bien développées et apparaissent très tôt. Elles prennent naissance aux deux extrémités de la fente blastoporique, avant que les traces du blastopore ne soient complètement effacées. Elles n'entrent en contact avec l'ébauche du mésentéron qu'à la phase syncytiale de son évolution. La formation du mésoderme a été suivie par moi chez *Symphylella*, qui présente, sous ce rapport, des particularités remarquables, dont on ne trouve l'analogue que peut-être parmi les Collemboles (*Isotoma cinerea*), en apportant un certain correctif aux interprétations de Philiptschenko. Le cœloblaste de *Symphylella* prend naissance indépendamment de l'endoderme (ce qui a lieu aussi chez certains Diplopodes) et son ébauche n'est pas strictement localisée, mais plutôt diffuse, ce qui marque singulièrement son origine bilatérale. Elle se forme par une migration multipolaire des éléments blastodermiques, qui s'ordonnent en deux complexes cellulaires symétriques : les cellules provenant de chaque hémisphère donnent la bandelette du côté correspondant. Ces bandelettes mésodermiques, qui flanquent l'ébauche du mésentéron, se creusent ensuite de cavités cœlomiques, sans métamérisation préalable en deux rangées de somites indépendants.

Je ne me sens pas autorisé pour le moment à discuter la question de la métamérisation de l'embryon. J'insiste sur un fait : les jeunes *Symphylella* et *Hanseniella éclosent en ne possédant que trois paires de pattes.*

Depuis longtemps, Latzel a émis l'idée que l'anamorphose des jeunes *Scolopendrella* débute par une larve hexapode, mais ce n'était jusqu'ici qu'une supposition gratuite et fortement discutée.

PHARMACODYNAMIE. — *L'action des poisons sur l'intestin isolé ou* in situ *est différente suivant que le contact est exo- ou endo-intestinal.* Note de M. **Robert Tiffeneau** et Mlle **Marcelle Beauvallet**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Au cours de nos recherches sur les poisons à action potentielle, nous avons constaté que divers poisons modificateurs de la motricité intestinale, les uns inhibiteurs (adrénaline), les autres stimulants (acétylcholine, chlorure de baryum et pilocarpine), n'exercent leurs effets habituels que s'ils sont appliqués du côté de la séreuse, alors qu'ils sont sans effet, même à des concentrations beaucoup plus fortes, lorsque leur application sur l'intestin isolé a lieu du côté de la muqueuse.

Des constatations analogues ont été faites par divers auteurs. Toutefois les différences d'action suivant la voie de pénétration ne s'observent pas identi-

quement pour tous les poisons. C'est ainsi que Paffrath ([1]) [acétylcholine ([2]), histamine, pilocarpine], puis Never et Vincke (adrénaline, acétylcholine, histamine, Cl^2Ba) ont montré que, sur l'intestin isolé, les poisons étudiés par eux n'exercent leur action normale et avec leurs différences d'intensité caractéristique, qu'après application du côté séreuse, alors que, du côté muqueuse, leur action est nulle ou faible et de même intensité pour les divers poisons examinés. Il n'en est plus de même avec la novocaïne qui n'exercerait ses effets paralysants qu'après contact avec la muqueuse et non avec la séreuse. D'autre part, Meissner ([3]) a montré que l'action inhibitrice qu'exercent les alcaloïdes de l'opium aux doses fortes se produit par application de ces poisons, aussi bien du côté muqueuse que du côté séreuse. Tandis que Paffrath attribue les faits constatés par lui à des différences de perméabilité que présenteraient la muqueuse et la séreuse, Never et Vincke admettent que les sièges d'action sont différents selon les substances étudiées : musculature pour les unes, muqueuse pour les autres ([4]).

Quoi qu'il en soit, l'inactivité de certains poisons par la voie endo-intestinale est bien établie et ce fait va à l'encontre de nos connaissances concernant les effets thérapeutiques plus ou moins marqués de ces poisons après administration buccale. Aussi convenait-il d'examiner comparativement par les deux voies de pénétration exo- et endo-intestinale, l'action qu'exercent les mêmes poisons, non plus seulement sur l'intestin isolé, comme l'ont fait les auteurs précités, mais surtout sur l'intestin *in situ* ayant conservé ses connections vasculaires. Or nous avons constaté que, dans ce second cas, les poisons étudiés produisent qualitativement leurs effets aussi bien par la voie muqueuse que par la voie séreuse. Toutefois, si l'on supprime par des ligatures les connections vasculaires de l'intestin *in situ*, l'introduction endo-intestinale du poison n'est suivie d'aucun effet. Il en résulte que les poisons introduits par voie endo-intestinale n'ont pas d'action directe sur la musculature intestinale. Ils n'agissent qu'indirectement après résorption et passage dans la circulation générale.

I. *Absence d'effet sur la motricité de l'intestin isolé, lorsque le poison est mis en contact avec la muqueuse* (*voie de pénétration endo-intestinale*). — Nos recherches ont été effectuées sur l'intestin isolé de Chien, dont on enregistre soit les mouvements pendulaires, soit les mouvements péristaltiques. Pour l'enregistrement des mouvements pendulaires, un fragment d'intestin récemment prélevé sur l'animal est plongé dans un bain de tyrode oxygéné maintenu à la température de 37°; son extrémité inférieur est obturée par un bouchon avec double tubulure de verre permettant soit d'introduire, soit de faire circuler le tyrode à l'intérieur de l'intestin; l'extrémité supérieure ligaturée par un fil est reliée à un style inscripteur.

([1]) *Arch. exp. Path. Pharmakol.*, 158, 1930, p. 304.
([2]) Haag et Kahlson, *ibid.*, 169, 1933, p. 56, aboutissent à des conclusions inverses pour l'acétylcholine, mais leur dispositif expérimental est différent.
([3]) *Bioch. Z.*, 73, 1916, p. 236.
([4]) *Z. ges. exp. Med.*, 106, 1939, p. 352.

Pour l'enregistrement des mouvements péristaltiques, le fragment d'intestin, placé horizontalement dans un bain de tyrode, est fixé à chaque extrémité sur une canule de verre, l'intestin étant rempli de tyrode, l'une de ces canules est reliée à un manomètre à eau qui transmet à une canule de Marey les variations du volume intérieur de l'anse intestinale.

Dans les deux cas aucun effet n'est observé à la suite de l'introduction des poisons ci-dessus énumérés à l'intérieur du segment d'intestin (voie endo-intestinale), même si le contact du poison, tantôt stagnant, tantôt circulant, dure plusieurs heures, ce qui élimine l'hypothèse d'une action simplement retardée ou d'une destruction rapide du poison. Il en est de même lorsque le poison est employé à des concentrations beaucoup plus élevées que celles qui, par la voie exo-intestinale, entraînent des effets manifestes, ce qui élimine l'hypothèse d'une simple différence de sensibilité. C'est ainsi que l'adrénaline introduite dans le bain extérieur (voie exo-intestinale) à la concentration de 1 pour 50 millions, détermine une chute de tonus avec inhibition de la péristaltique, tandis que par la voie endo-intestinale une concentration 5000 fois plus élevée (1 pour 10000) n'entraîne aucun effet. Les mêmes différences d'action entre les voies exo- et endo-intestinales ont été obtenues pour les poisons stimulants : acétylcholine, pilocarpine et chlorure de barym.

II. *Effet typique sur la motricité de l'intestin* in situ, *après introduction endo-intestinale du poison; absence d'effet après ligature des connections vasculaires.* — Lorsque le segment intestinal *in situ* a été préparé comme il est indiqué ci-dessus pour l'enregistrement des mouvements péristaltiques, tout en restant irrigué par son pédicule vasculaire, l'introduction endo-intestinale des divers agents pharmacodynamiques étudiés est suivie d'effets comparables à ceux obtenus par la voie exo-intestinale; ils s'en diffé-rencient néanmoins par les caractères suivants : 1° Tandis que par la voie exo-intestinale l'application du poison est suivie d'un effet immédiat, celle-ci n'entraîne d'effet par la voie endo-intestinale qu'après un retard de quelques minutes. 2° Lorsque le liquide est introduit par la voie endo-intestinale, la concentration du poison nécessaire pour obtenir un effet de même intensité que par la voie exo-intestinale doit être beaucoup plus forte et d'autant plus que l'anse intestinale est plus courte, c'est-à-dire que la surface de résorption est plus faible. Il n'y a donc pas action directe du poison dans son cheminement de la muqueuse vers la musculeuse, mais bien résorption veineuse suivie d'une pénétration du poison dans la circulation générale. Les faits ci-après en fournissent d'autres preuves : *a.* Si le poison est introduit à l'intérieur d'une autre anse intestinale, l'effet est le même que par introduction dans l'anse dont on enregistre les mouvements. *b.* Cet effet s'accompagne de phénomènes généraux en rapport avec la pénétration du poison dans la circulation. Ainsi l'introduction d'acétylcholine dans une anse intestinale est suivie non seulement d'une augmentation de la péristaltique intestinale, mais encore d'une baisse progressive et durable de la pression artérielle, qui ne disparaît qu'après lavage de l'anse intestinale. *c.* Si, par compression du pédicule vasculaire, on interrompt la circulation sanguine dans le segment intestinal, l'introduction du poison à l'intérieur de ce segment n'est suivie d'aucun effet; par contre, le rétablissement de la circulation par suppression de la compression a pour conséquence l'apparition de l'effet.

Conclusion. — Après introduction par la voie endo-intestinale, les poisons inhibiteurs (adrénaline) et stimulants (acétylcholine, pilocarpine, chlorure de baryum) n'ont pas d'action directe sur la musculature. C'est seulement après leur résorption et leur passage dans la circulation générale qu'ils produisent leurs effets; ceux-ci se manifestent non seulement sur le tube digestif mais aussi sur tous les appareils sensibles à ces poisons.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Phosphomonoestérases et pyrophosphatases des Basidiomycètes*. Note de M. NGUYEN-VAN THOAI, présentée par M. Henri Colin.

Il est remarquable, du point de vue de la biochimie comparée, que les tissus végétaux ne contiennent guère de phosphatases *alcalines*, si largement répandues dans les organes d'animaux, et renferment, par contre, plusieurs enzymes de ce type particulièrement actifs en milieu acide. Les monoestérases des *Aspergillus* (pH optimum 3), des Levures (pH 4,6 et 6,4), des végétaux verts (pH 5 à 5,6), ainsi que des pyrophosphatases de pH optimum 4 et 5,6, sont des exemples frappants de cette répartition. La diversité des substrats de l'action phosphatasique, jointe à l'influence variable de l'ion Mg^{++} sur celle-ci, complique le problème de l'individualité des phosphatases dont le pH optimum est particulier aux différentes sources biologiques.

Nous avons examiné à ce point de vue un certain nombre de Champignons, *Agaricus*, *Armillaria mellea*, *Clytocybe*, *Laccaria laccata*, *Lactarius deliciosus* et *subdulcis*, *Pholiota*, *Scleroderma*, *Tricholoma*, et constaté l'existence dans leurs tissus de deux monoestérases et de deux pyrophosphatases.

La première phosphoestérase, lyoforme, facile à extraire par une macération aqueuse de deux à trois heures, agit spécifiquement et à des vitesses variables sur l'α- et le β-glycérophosphate de sodium, au pH optimum de 3,2 à 4. Dans les mêmes conditions elle reste inactive vis-à-vis des autres esters phosphoriques, les mono- et diéthyl- (ou phényl-) phosphates, les hexoses mono- et diphosphoriques, l'acide phosphopyruvique, les acides mono- et diphosphoglycériques. Un second enzyme du même type, extracellulaire, ne se solubilisant bien qu'après autolyse prononcée, déphosphoryle par contre, au pH optimum de 5 à 5,6, tous les esters ci-dessus. La différence entre les deux monoestérases est renforcée par leurs caractères d'inhibition. Le premier enzyme est très fortement inactivé par Mg^{++} (inhibition totale à la concentration de $0^{mol},1$ par litre de sulfate de magnésium), après dialyse prolongée de la préparation; la seconde phosphatase présente vis-à-vis de Mg^{++} une sensibilité moindre, quoique très nette. En outre la monoestérase de pH optimum égal à 3,2-4, contrairement à son isodyname toujours active, est souvent accompagnée d'un inhibiteur naturel qu'on peut éliminer par adsorption de l'enzyme sur kaolin et élution.

La comparaison des extraits obtenus au cours d'autolyse d'intensité différente permet de situer l'origine de ces inhibiteurs dans les réactions protéolytiques. Leur formation suggère l'existence d'un mécanisme régulateur de l'activité phosphatasique, en relation avec l'état du développement de l'organisme. Cette explication complète les vues récentes d'Albers (¹) sur le rôle de réserves enzymatiques

(¹) H. ALBERS, F. BEYER, A. BOHNENKAMP und G. MÜLLER, *Ber. d. chem. Ges.*, 71, 1938, p. 1913.

que joueraient les phosphatases réputées *non physiologiques* et dont les pH optimum d'action s'éloignent des conditions de pH réalisées dans les organismes.

Ainsi le système phosphomonoestérasique des Basidiomycètes est représenté par deux enzymes dont l'un possède tous les caractères de la phosphatase des plantes vertes (son de Riz, Soja, Amande etc.), avec en plus une sensibilité différente à l'ion Mg^{++}, et dont l'autre présente des caractères de spécificité particuliers.

Les Basidiomycètes contiennent en outre deux pyrophosphatases, dont les pH optimum d'action se trouvent respectivement à 3,8-4 et à 5,8-6,4. Elles se différencient d'abord entre elles par le fait que la seconde est constamment inactivée par un inhibiteur naturel qu'on peut séparer par adsorption sur l'alumine. La purification, dont la technique est décrite en détail dans un autre Mémoire, consiste à tamponner énergiquement la solution enzymatique au moyen d'une solution d'acétate d'alumine; la précipitation fractionnée de l'alumine par addition d'ammoniaque permet d'entraîner l'inhibiteur et de mettre en évidence la présence de la pyrophosphatase. L'autre enzyme est toujours apparent dans la préparation enzymatique. Les deux pyrophosphatases, dont les pH optimum rappellent ceux des enzymes d'autres tissus végétaux ou animaux, se distinguent ensuite de ces derniers par leur indifférence à l'égard du magnésium. Ce corps exerce en effet sur la pyrophosphatase de levure ou de muscle le rôle d'une véritable substance complémentaire. Enfin l'association, dans un extrait toluéné vieilli de Basidiomycètes, d'une pyrophosphatase à pH 4 et d'une monoestérase active à pH 5,6, les deux phosphatases étant masquées par des inhibiteurs naturels, permet d'affirmer la spécificité des deux groupes d'enzymes.

Cette distinction n'affecte d'ailleurs pas leur coopération physiologique, et la sensibilité différente des deux catégories d'enzymes à l'action de Mg^{++} nous a permis de suivre l'hydrolyse du diphénylpyrophosphate, et de mettre en évidence la participation à cette réaction d'une pyrophosphatase et d'une monoestérase, ce qui confirme l'opinion de Neuberg et Fischer (²) et écarte l'existence supposée d'un activateur, nécessaire à l'hydrolyse du pyrophosphate organique (³).

Les Basidiomycètes nous offrent ainsi des types de phosphatases qui, malgré des pH optimum semblables à ceux des enzymes d'autres provenances biologiques, possèdent leurs caractères propres. Ceux-ci se résument dans le comportement de la monoestérase *très acide* vis-à-vis de divers substrats, l'existence d'inhibiteurs naturels spécifiques et l'influence variable du magnésium sur des enzymes présents dans le même extrait.

(²) *Enzymol.*, 2, 1937, p. 343.

(³) K. Kurata, *Journ. of Biochem.*, Tokyo, 14, 1931, p. 25.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la soude sur l'amidon; consolidation des liaisons osidiques intramoléculaires.* Note de MM. **Christian Dumazert** et **René Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Divers procédés de solubilisation des amidons sont basés sur leur traitement par des lessives alcalines (1). Or nous avons constaté que, si les amidons naturels sont, comme on sait, transformés par un chauffage de 6 à 8 heures dans le glycérol à 200-205°C. en polyhexosanes simples non précipitables par l'alcool et ne se colorant pas par addition d'iode, ceux qui ont subi l'action de la soude demeurent, dans les mêmes conditions, précipitables par l'alcool et susceptibles de se colorer en bleu par l'iode. Ceci étant, on pouvait penser que les amidons présentent, après action de la soude, une consolidation de certaines liaisons osidiques intramoléculaires. S'il en est ainsi, le comportement de ces corps vis-à-vis d'agents de dégradation, tels que l'alcool acide bouillant et l'amylase pancréatique, ne doit pas être identique à celui des produits naturels ou des amidons solubilisés par des procédés ne mettant pas en œuvre la soude. C'est ce que nous avons voulu vérifier.

A. *Action des acides en solution alcoolique, à l'ébullition.* — Les substances étudiées sont soumises par fractions de 15^{g} à l'action de 100^{cm^3} d'alcool à 96° additionnés de 5^{g} d'acide sulfurique au bain-marie bouillant, pendant des temps variables; l'opération est arrêtée par refroidissement et neutralisation au moyen de 10^{g} de carbonate de baryum. On centrifuge et lave deux fois le culot par l'alcool à 96°. Les liqueurs alcooliques sont rassemblées et l'alcool chassé sous pression réduite. Le résidu repris par l'eau est soumis à une hydrolyse acide totale et l'on dose le glucose libéré aux divers temps de l'opération. Voici un exemple des résultats obtenus (en grammes de glucose pour 10^{g} d'amidon), sur l'amidon de blé naturel (*a*) ou solubilisé par action de la soude (*b*) [C. Dumazert et G. Santoni (2)].

Temps en heures	1.	2.	3.	4.
(*a*) amidon naturel (blé) non traité par la soude.	0,062	0,653	0,773	0,873
(*b*) amidon soluble traité par la soude (3)	0,059	0,195	0,212	0,198

La dégradation de l'amidon naturel se poursuit régulièrement sous l'action de l'alcool acide, alors que celle des amidons préalablement traités par la soude est bien moins rapide et ne paraît pas se poursuivre après deux heures de chauffage au bain-marie.

(1) L'action de la soude, utilisée couramment dans l'industrie pour rendre l'amidon soluble, n'a pas, à notre connaissance, fait l'objet d'études systématiques.

(2) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 22, 1940, p. 369.

(3) Les résultats rapportés ci-dessus sont en accord avec d'autres obtenus sur des amidons traités à la soude dans des conditions diverses.

B. *Hydrolyse par l'amylase pancréatique.* — Nous avons utilisé une préparation d'amylase pancréatique rigoureusement dépourvue de maltase dans des conditions nous permettant de mesurer la vitesse initiale de l'hydrolyse des produits mis en œuvre. On trouvera ci-dessous les valeurs, exprimées en centimètres cubes de solution 0,1 N de permanganate de potassium pour 1g d'amidon (G. Bertrand), du pouvoir réducteur apparu au cours du début de l'hydrolyse ([4]).

Temps (en heures et minutes).	Amidon naturel (riz).			Amidon traité à la soude		
	N° 1.	2.	3.	1'.	2'.	3'.
0,15	8,32	11,20	6,75	3,90	2,80	1,12
0,30	19,80	22,40	16,50	9,10	8,40	2,64
0,45	25,50	34,00	–	13,00	13,80	6,75
1	33,60	41,80	27,70	18,50	18,80	10,90
1,15	–	53,90	–	–	22,80	–
1,30	–	–	36,80	–	–	14,40
2	41,70	–	54,00	31,00	34,80	23,40

La vitesse initiale de l'amylolyse est donc environ deux fois moins grande lorsque les amidons ont été traités par la soude.

Conclusions. — L'action de la soude a pour résultat des modifications profondes des propriétés chimiques de l'amidon, se traduisant par sa solubilisation dans l'eau sans augmentation du pouvoir réducteur. Or, d'après Hirst et Young ([5]), la longueur des chaînes fondamentales de glucose ne subit alors aucun changement, le poids moléculaire apparent étant réduit en raison de la dépolymérisation des micelles d'amidon. Nos résultats montrent que, simultanément, les liaisons osidiques intramoléculaires acquièrent une stabilité plus grande.

En effet les amidons traités par la soude ne sont plus détruits par le glycérol à 200-205° C. Ils résistent à la dégradation par l'alcool acide, laquelle est alors moins rapide que celle des amidons naturels. Par ailleurs, l'action de ce dernier agent d'hydrolyse sur les amidons solubilisés au moyen de la soude s'arrête à un stade relativement peu avancé, tandis qu'elle tend à réaliser l'hydrolyse complète des produits naturels. Enfin, la vitesse initiale d'hydrolyse de l'amidon par l'amylase pancréatique est fortement diminuée après traitement alcalin.

([4]) Les résultats des colonnes 1 et 1', 2 et 2', 3 et 3' proviennent d'expériences faites dans des conditions respectivement comparables.

([5]) *J. Chem. Soc.*, 32, 1939, p. 1471. D'après ces auteurs, la méthylation rend l'amidon plus résistant à l'action de divers agents d'hydrolyse. Or, cette réaction étant effectuée en milieu alcalin, il est possible que l'action de la soude soit, en partie, responsable de la stabilisation des amidons méthylés.

On peut conclure de l'ensemble de ces résultats que l'action de la soude sur l'amidon aboutit à une consolidation de certaines liaisons osidiques intramoléculaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La décomposition anaérobie de l'homocystéine par différents systèmes biologiques; existence d'une homocystéine-désulfurase.* Note de MM. **Claude Fromageot** et **Pierre Desnuelle**, présentée par M. Maurice Javillier.

Sous l'action de différents systèmes biologiques [désulfurase du foie ([1]), cystéinase de *B. Coli* ([2]), cellules non proliférantes de *Propionibacterium pentosaceum* ([3]) et de *B. subtilis* ([4])], la cystéine (*l* ou *d*, *l* selon les cas) subit, en anaérobiose, divers modes de dégradation donnant lieu à la formation d'hydrogène sulfuré. Il était intéressant d'étudier le comportement de l'homocystéine vis-à-vis des mêmes systèmes biologiques, notamment en vue d'éclairer le rôle de l'homocystéine comme corps intermédiaire dans la genèse de la cystéine à partir de la méthionine.

Nous avons préparé l'homocystéine selon la technique de Riegel et Du Vigneaud ([5]); le dosage du groupe — SH par l'iode dans l'acide acétique ([6]) a montré que la pureté du produit ainsi synthétisé était de 99,5 %. Dans ce premier travail, nous n'avons pas dédoublé la substance en ses isomères optiques : tous les résultats expérimentaux donnés ci-dessous ont donc été obtenus avec la *d*, *l*-homocystéine; il va sans dire que la cystéine que nous utilisons ici à titre de comparaison est la *d*, *l*-cystéine. Les différents systèmes biologiques employés (Bactéries et ferments) ont été préparés comme il a été indiqué précédemment; leur emploi a lieu dans les conditions mêmes (notamment température et pH) qui ont été reconnues les plus favorables pour la dégradation de la cystéine. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Avec les Bactéries utilisées, alors que la cystéine donne naissance aux quantités habituelles d'hydrogène sulfuré, l'homocystéine ne donne lieu à aucun dégagement appréciable de ce corps. Le cas de *Bact. Coli* est à souligner, car il s'agit ici de cellules qui, à l'état non proliférant, ne décomposent pas immédiatement la cystéine, mais n'acquièrent cette aptitude qu'après un contact de 8 heures environ avec cette substance. Le ferment alors en jeu,

---

([1]) C. Fromageot, E. Wookey et P. Chaix, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 1019; *Enzymologia*, 9, 1940, p. 198.

([2]) P. Desnuelle et C. Fromageot, *Enzymologia*, 6, 1939, p. 80.

([3]) P. Desnuelle, E. Wookey et C. Fromageot, *Enzymologia*, 8, 1940, p. 225.

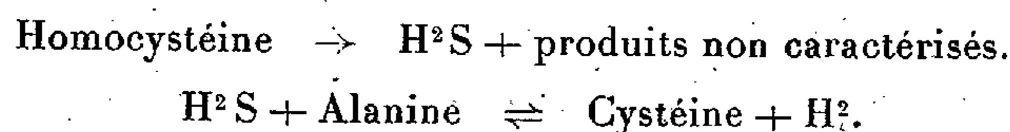
([4]) C. Fromageot et Tchen Pau Kiun, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 23, 1941, p. 1471.

([5]) *J. Biol. Chem.*, 112, 1936, p. 149.

([6]) R. Kuhn, L. Birkofer et F. W. Quackenbusch, *Ber. d. chem. Ges.*, 72, 1939, p. 407.

la cystéinase, est ainsi un ferment typique d'adaptation; et il est assez remarquable que ces mêmes cellules se révèlent incapables d'acquérir, dans les mêmes conditions, une aptitude même faible à décomposer l'homocystéine; 2° en revanche, sous l'action des organes animaux, l'homocystéine donne lieu à une formation importante d'hydrogène sulfuré, l'action du foie l'emportant ici encore nettement sur celles du rein et du pancréas; 3° les intensités de la formation d'hydrogène sulfuré à partir de la cystéine et de l'homocystéine sous l'influence des différents systèmes fermentaires ne sont nullement dans un rapport constant : ceci ressort de la comparaison de ces intensités sous l'action, d'une part d'organes broyés frais : $\frac{Q_{H^2S}\,\text{homocystéine}}{Q_{H^2S}\,\text{cystéine}} = 0{,}55$ pour le foie et 1,92 pour le rein par exemple, et d'autre part des diverses préparations fermentaires obtenues à partir d'un même organe : $\frac{Q_{H^2S}\,\text{homocystéine}}{Q_{H^2S}\,\text{cystéine}} = 0{,}55$ pour le foie frais broyé, 0,24 pour la poudre acétonique préparée à partir du même foie, et 0,04 pour l'extrait aqueux de cette même poudre acétonique. Il résulte de ces dernières observations que le ferment décomposant l'homocystéine avec formation d'hydrogène sulfuré, contenu dans les organes étudiés, est un ferment particulier, différent de la désulfurase agissant sur la cystéine. Aussi proposons-nous de distinguer ces deux ferments en les désignant respectivement sous les noms de homocystéine-désulfurase et de cystéine-désulfurase.

Le fait que la dégradation de l'homocystéine avec formation d'hydrogène sulfuré est un phénomène moins général que celle de la cystéine, et le fait que cette dégradation de l'homocystéine dans les organes des animaux supérieurs est due à un ferment particulier, incitent à penser que cette réaction joue un rôle important dans le métabolisme du soufre chez ces animaux. Ce rôle semble se manifester, entre autres, dans le passage de la méthionine à la cystéine, passage dans lequel interviendraient alors les équations suivantes, pour la validité desquelles plaide en outre la réversibilité de la désulfuration de la cystéine :



$$\text{Homocystéine} \rightarrow H^2S + \text{produits non caractérisés.}$$
$$H^2S + \text{Alanine} \rightleftharpoons \text{Cystéine} + H^2.$$

La séance est levée à 16h 15m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MARS 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 31 janvier 1942, à Montpellier, de M. *Henri Lagatu*, Correspondant pour la Section d'Économie rurale.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 8 avril au lieu du lundi 6.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros de certaines fonctions de Bessel et de Whittaker.* Note de M. **Georges Giraud**.

L'équation

$$(1)\qquad \frac{d^2u}{dz^2}+\left(\frac{1}{4}-\frac{h}{z}+\frac{m-m^2}{z^2}\right)u=0$$

se ramène par changement de variable aux équations hypergéométriques confluentes étudiées par Whittaker [1]; si, en particulier, h est nul, elle se ramène aux équations de Bessel. Pour $h\neq 0$ elle admet la solution

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} &F_{h,m}(z)=\exp\frac{-iz}{2}z^m\left[\frac{1}{\Gamma(2m)}+\sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{(m-ih)(m-ih+1)\dots(m-ih+n-1)}{n!\,\Gamma(2m+n)}(iz)^n\right],\\ &\Gamma(2m)\,F_{h,m}(z)=M_{ih,m-\frac{1}{2}}(iz)\exp\frac{-i\pi m}{2},\end{aligned}\right.$$

où $M_{\lambda,\mu}$ est une fonction de Whittaker; dans le dessein d'éviter que, pour $h=0$, $F_{0,m}$ soit identiquement nul pour m égal à zéro ou à un entier négatif, nous posons

$$(3)\qquad F_{0,m}(z)=z^m\left[\frac{1}{\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)}+\sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{(-2^{-4}z^2)^n}{n!\,\Gamma\left(m+n+\frac{1}{2}\right)}\right]=2^{2m-1}\sqrt{z}\,J_{m-\frac{1}{2}}\left(\frac{z}{2}\right),$$

---

[1] E. T. Whittaker et G. N. Watson, *A course of modern Analysis* (3e édition, Cambridge, 1920), spécialement Chapitre XVI.

expression qui diffère de la première par un facteur dépendant uniquement de m; J_λ est une fonction de Bessel. Si, comme nous le supposerons, h et m sont réels, $F_{h,m}(z)z^{-m}$ est réel avec z, malgré l'apparence.

D'après un théorème connu, dû à Sturm, $F_{h,m}(z)$ et toutes les solutions réelles de (1) ont une infinité de zéros réels et, en dehors d'un intervalle fini convenablement choisi, la distance entre deux zéros consécutifs est aussi voisine qu'on veut de 2π. Pour les zéros réels de $F_{0,m}(z)$, d'autres renseignements découlent de la théorie des fonctions de Bessel. Nous nous proposons d'étudier les zéros imaginaires des fonctions $F_{h,m}(z)$. Pour les fonctions de Bessel, ce sujet a été abordé par M. Richard Courant, mais une erreur s'est glissée dans cette étude ([2]). Énonçons les résultats obtenus :

Pour que l'équation $z^{-m}F_{0,m}(z) = 0$ ait des racines imaginaires, il faut et il suffit que $2m$ soit < -1 et ne soit pas un entier impair. Si l'on a $|m+p| < 1/2$, p étant un entier positif, cette équation a $2p$ racines imaginaires, et non davantage.

Si h n'est pas nul, pour que l'équation $z^{-m}F_{h,m}(z) = 0$ ait des racines imaginaires, il faut et il suffit que $2m$ soit < -1 et ne soit pas entier. Si l'on a $0 < |m+p| < 1/2$, p étant un entier positif, cette équation a $2p$ racines imaginaires, et non davantage.

Que h soit ou ne soit pas nul, les arguments de deux racines imaginaires distinctes sont toujours distincts.

La démonstration commence par établir que, pour $m > 1$, toutes les racines sont réelles; il en est de même pour $h \neq 0$ et $2m$ égal à zéro ou à un entier négatif, et pour $h = 0$ et $2m$ égal à un entier négatif impair. Nous avons l'identité

$$(4)\quad \frac{d}{dt}\left[F'_{h,m}(zt)\,F_{h,m}(\zeta t) - F_{h,m}(zt)\,F'_{h,m}(\zeta t)\right] + (z-\zeta)\left[F'_{h,m}(zt)\,F'_{h,m}(\zeta t) + \left(\frac{1}{4} + \frac{m^2-m}{z\zeta t^2}\right)F_{h,m}(zt)\,F_{h,m}(\zeta t)\right] = 0,$$

où les accents indiquent des dérivations; z et ζ sont arbitraires, mais non nuls. Quand t est infiniment petit, chaque terme du premier membre est d'ordre $2m-2$ au moins par rapport à t; pour $h = 0$ et $2m$ égal à un entier négatif impair, et pour $h \neq 0$ et $2m$ entier et négatif ou nul, cet ordre devient $-2m$. Quand cet ordre est > -1, on peut intégrer chaque terme de zéro à une borne finie donnée. En prenant pour z une racine de l'équation, et pour ζ

([2]) R. Courant et D. Hilbert, *Methoden der mathematischen Physik* (2e édition, Berlin, 1931), spécialement tome I, Chap. VII, § 2, n° 8. L'intégrale qui figure dans l'identité (36) de ce passage, n'existe que si λ est soit entier, soit > -1. L'identité qui précède (36) est analogue mais non identique à ce que devient pour $h = 0$ l'identité (4) de la présente Note.

le conjugué de z, on trouve

$$(z-\zeta)\int_0^1\left[|F'_{h,m}(zt)|^2+\left(\frac{1}{4}+\frac{m^2-m}{t^2}\left|\frac{F_{h,m}(zt)}{z}\right|^2\right)\right]dt=0,$$

d'où, dans les cas annoncés, $z=\zeta$, c'est-à-dire que les zéros sont réels.

Ce point établi, on fait varier m en laissant h constant; les racines sont alors des fonctions de m. Chacune de ces fonctions ne peut cesser d'être réelle pour devenir imaginaire qu'en prenant la valeur *zéro*. Or l'équation n'admet la racine *zéro* que si $2m$ est égal à zéro ou à un entier négatif; si h est nul, il faut en outre que m ne soit pas entier; l'ordre de cette racine *zéro* est toujours $1-2m$. Soit $\beta/2+\pi/2$ l'argument de $\Gamma(m+ih)$, β étant fonction continue de m; en se fondant sur le développement asymptotique de $F_{h,m}(z)$, déduit de la théorie de Whittaker, et en supposant que m reste dans un intervalle borné donné, on établit l'existence de constantes positives y_1, n_0 et g telles que les parties imaginaires iy de toutes les racines remplissent la condition $|y|<y_1$, et que les parties réelles x appartiennent soit à l'intervalle

$$-2n_0\pi+2h\log(2n_0\pi)-m\pi-\beta-gn_0^{-1}\log n_0$$
$$<x<2n_0\pi+2h\log(2n_0\pi)+m\pi-\beta+gn_0^{-1}\log n_0,$$

soit à l'un des intervalles

$$|x-2n\pi-2h\log(2n\pi)-m\pi+\beta|<gn^{-1}\log n \quad (n,\ \text{entier} > n_0),$$
$$|x-2n\pi-2h\log(-2n\pi)+m\pi+\beta|<-gn^{-1}\log(-n) \quad (n,\ \text{entier} < -n_0);$$

ces intervalles sont deux à deux sans partie commune. Cela fait des domaines bornés D_0 et $D_n(|n|>n_0)$, dont l'ensemble contient toutes les racines de l'équation. Quand m varie continûment sans passer par une valeur telle que l'équation admette la racine *zéro*, on établit que le nombre des racines réelles et celui des racines imaginaires contenues dans chacun de ces domaines sont indépendants de m, et l'on parvient ainsi à trouver combien il y a de racines imaginaires; celles-ci appartiennent toutes au domaine D_0.

Pour établir enfin le résultat relatif aux arguments des racines, soient z et $z\tau$ deux racines de même argument, τ étant >1; soit ζ le conjugué de z. Il n'y a lieu à démonstration que si l'équation a des racines imaginaires, c'est-à-dire si m est $<-1/2$. Alors, en intégrant les deux membres de (4) de 1 à τ, on trouve $z=\zeta$, c'est-à-dire que z est réel. Les démonstrations se terminent ainsi.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelles analogies de l'ion triazote avec les halogènes. Cas des azotures de cuivre.* Note de M. **Georges Denigès**.

Dès la découverte de l'acide azothydrique et de ses sels, un rapprochement fut aperçu entre ces combinaisons et les dérivés correspondants du chlore : insolubilité de leurs sels d'argent, de mercure monovalent, de thallium et

de plomb, notamment. Mêmes similitudes s'observent entre les triazotures et les bromures et iodures.

Je me propose, dans cette Note, d'apporter de nouvelles preuves de l'analogie existant, dans leurs réactions, entre l'ion polyatomique monovalent $\overset{N}{\underset{N}{\|}}\!\!>N-$ et les chloroïdes vrais, je veux dire le chlore, le brome et l'iode, le fluor étant comme un membre aberrant de la famille des halogènes, car il se distingue, comme on sait, de ses congénères par maintes propriétés (solubilité de FAg, insolubilité des fluorures de la série calcique etc.).

J'avais établi ([1]) que l'ion N^3 était, comme les ions Cl, Br et I, capable de faire disparaître la fluorescence que la quinine présente en solution hydrosulfurique, et que cette propriété obéissait à la loi suivante :

Le produit des volumes d'une solution normale de chlore, brome, iode ou triazote, ionisés, nécessaires pour faire disparaître ou atténuer identiquement la fluorescence d'un même volume d'une solution de sulfate de quinine, par le poids atomique respectif de ces ions, est une quantité constante.

Cette loi, qui n'est pas applicable au fluor, beaucoup moins antifluorescent que les autres halogènes, peut être mise sous la forme plus simple : *le pouvoir antifluorescent des atomes des chloroïdes, vis-à-vis du sulfate de quinine, est proportionnel à leur poids.*

Il en résulte qu'à ce point de vue encore l'ion triazote se place entre les ions Cl et Br et peut être considéré comme un membre complexe, à constitution polyatomique, du groupe des chloroïdes.

Tout récemment, j'ai fait connaître ici-même ([2]) de nouvelles combinaisons cristallisées du cyanure de mercure, avec les halogénures alcalins, de formule générale $Cy^2Hg.XM$, et parmi lesquelles figurent des triazotures de potassium, cæsium, rubidium et ammonium, de tout point comparables aux chloro-, bromo- et iodocyanures des mêmes métaux, l'ion triazote jouant également, ici, le rôle du chlore, du brome et de l'iode. La place que doit occuper cet ion, dans la classification des métalloïdes, est donc ainsi absolument désignée.

Toutefois il faut, pour que cette manière de voir soit inattaquable, que ces analogies persistent dans divers cas non encore envisagés. Or la façon de se comporter de N^3, vis-à-vis du cuivre, semble, au premier regard, infirmer ce rapprochement.

C'est ainsi que lorsqu'on traite, en solution, le sulfate de cuivre par de l'azoture de sodium, on obtient un précipité brun d'azoture de cuivre bivalent alors que, dans les mêmes conditions, les chlorures et bromures alcalins fournissent un liquide dont la coloration bleue primitive tend à passer au

---

([1]) *Bulletin Soc. Pharm de Bordeaux*, 76, 1938, p. 65.
([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 604-606.

vert par suite de la formation partielle d'hydrates d'halogénures cuivriques de cette teinte.

Mais, si l'on tient compte de ce que ces halogénures, amenés à l'état anhydre, sont de couleur toute différente (marron pour le chlorure, noire pour le bromure) que même leur solution aqueuse, chauffée, tend à brunir en subissant une déshydratation et que, d'autre part, l'azoture cuivrique, tel qu'on l'obtient par double décomposition, est vraisemblablement anhydre ou, en tout cas, très peu hydraté [de 1/2 à 1 molécule d'eau, d'après Curtius et Risom (3)], on voit que cette coloration les rapproche singulièrement de $(N^3)^2Cu$.

Un autre point important à considérer est que, jusqu'à ce jour, on n'a point obtenu d'azoture de cuivre monovalent comparable, par sa composition, sa couleur blanche, son insolubilité dans l'eau, sa solubilité dans l'ammoniaque etc., aux halogénures cuivreux, tels que le chlorure.

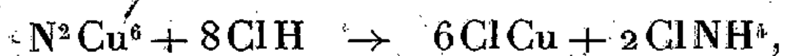
En effet, en dehors de l'azoture cuivrique, dont il vient d'être question, il n'a été décrit qu'un azoture, de couleur vert foncé, insoluble dans l'ammoniaque et produit en chauffant, à 250°, l'hydrate brun tétracuivrique dans un courant de gaz ammoniac (4). Dans cette réaction, il se dégage de l'eau et de l'azote et il reste un mélange d'azoture et d'oxyde cuivreux (5), qu'on peut enlever par digestion prolongée avec l'ammoniaque (6).

Cet azoture, de formule N^2Cu^6, prendrait ainsi naissance :



$$6\,NH^3 + 3\,Cu^4O^5H^2 \rightarrow N^2Cu^6 + 3\,Cu^2O + 4N + 12\,H^2O.$$

Traité par ClH, il réagirait comme suit :



$$N^2Cu^6 + 8\,ClH \rightarrow 6\,ClCu + 2\,ClNH^4,$$

ce qui est inexplicable avec la formule d'un triazoture cuivreux.

Cependant, j'ai pu obtenir ce triazoture par le procédé suivant, d'une simplicité telle qu'on peut, comme on va le voir, l'appliquer même quand on ne possède qu'une quantité d'azoture de sodium très restreinte.

Dans un petit verre à précipité, on fait dissoudre, à l'aide de 1^{cm^3} d'eau, $0^g,05$ de ce sel et $0^g,20$ de pyrosulfite de sodium (métabisulfite du commerce). Dans la solution limpide, on verse, goutte à goutte et en agitant chaque fois, une solution à 10% de sulfate de cuivre, acidulée par 1% d'acide acétique. Le mélange prend une teinte jaune très brun, tout en restant d'abord limpide. Après addition de 6 gouttes, il tend à se former un précipité brun qui apparaît très nettement lorsqu'on a versé $0^{cm^3},5$ de solution cuivrique, quantité maxima à employer. S'il y a précipité, on le fait disparaître en ajoutant, peu à peu, du pyrosulfite de sodium en poudre et le liquide tend à se décolorer.

L'addition de 5 à 6^{cm^3} d'eau, acidulée de 1% d'acide acétique, donne alors un précipité blanc, d'aspect caillebotté (mais consistant en très petits cristaux hexaédriques) extrê-

(3) *J. prakt. Chem.*, 2e série, 58, 1898, p. 261.

(4) SCHRÖTTER, *An. Ch. Pharm. Lieb.*, 37, 1841, p. 136.

(5) FIELD, *Ph. Mag.*, 4e série, 24, 1862, p. 123; WARREN, *Chem. N.*, 55, 1887, p. 165.

(6) BERZELIUS, *Berz. Jahresb.*, 21, p. 28.

mement peu soluble dans l'eau. Il répond à la formule N^3Cu^I et est soluble dans les mêmes dissolvants que le chlorure, le bromure et l'iodure cuivreux, notamment dans l'ammoniaque. Sa solution ammoniacale absorbe l'oxyde de carbone et donne, avec l'acétylène, de l'acétylure cuivreux : il est donc, en tout point, comparable aux autres halogénures cuivreux qu'on peut, d'ailleurs, préparer d'une manière semblable à celle qui vient d'être indiquée pour lui avec, seulement, de très petites variations de technique. C'est ainsi qu'en dissolvant $0^g,20$ de pyrosulfite de sodium dans 2^{cm^3} d'une solution à 10% de bromure de potassium et ajoutant $0^{cm^3},5$ d'une solution de sulfate de cuivre au même titre, il se forme presque aussitôt un précipité blanc, cristallin, de bromure de cuivre monovalent.

Il résulte de ces faits que l'étude des rapports de l'ion N^3 avec le cuivre ne peut que renforcer le rapprochement des chloroïdes avec cet ion.

CORRESPONDANCE.

M. Stanislas de Sèze adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MM. Pierre Bordet, Pierre de la Condamine adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches ou leurs publications.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la quadrature approximative d'une courbe.*

Note (1) de M. Maurice Thomas, présentée par M. Aimé Cotton.

1. On a souvent, dans la pratique, à quarrer une courbe dont on connaît les ordonnées pour une série de valeurs *régulièrement espacées* de l'abscisse, que la courbe corresponde à une loi expérimentale ou encore, par exemple, à une fonction dont la primitive doit faire l'objet d'une table.

M. Pierre Vernotte (2) a préconisé de répartir le domaine à quarrer en p groupes de q bandes, d'assimiler la courbe, dans chacune des bandes, à une parabole de degré q, et d'ajouter les p aires partielles. Pour notre part, nous avons eu en vue de particulariser au minimum les bandes du domaine, et nous avons assimilé, dans chaque bande, la courbe à un polynome particulièrement bien adapté à cette bande.

Nous avons cherché, somme toute, une généralisation de l'expression suivante (dans laquelle les notations ont des significations qu'il n'y a pas lieu d'expliciter) :

$$S_1 = h\left[\frac{y_p}{2} + y_{p+1} + y_{p+2} + \ldots + y_n + \ldots + y_{q-1} + \frac{y_q}{2}\right]$$

considérée comme évaluation approximative de $S = \int_{x_p}^{x_q} y\,dx$.

(1) Séance du 23 mars 1942.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 107 et 155.

Voici quelques résultats auxquels nous avons été conduit.

2. En assimilant la courbe dans chaque intervalle (x_n, x_{n+1}) à une parabole du troisième degré passant par les quatre points connus d'abscisses x_{n-1}, x_n, x_{n+1} et x_{n+2}, nous avons trouvé, toutes réductions faites,

$$S_3 = S_1 - \frac{h}{24}(y_{p-1} - y_{p+1} - y_{q-1} + y_{q+1}).$$

Ainsi cette quantité, qui est très simple, puisque $S_3 - S_1$ ne fait intervenir que des ordonnées se trouvant au voisinage des limites de l'intervalle total, donne l'aire exacte correspondant à une courbe, continue mais à points anguleux, composée d'une succession d'arcs de paraboles du troisième degré, limités chacun à un petit intervalle de la variable; ces paraboles passent respectivement, non seulement par les points connus aux extrémités de leur arc considéré, mais aussi par l'un et l'autre des points connus immédiatement voisins.

L'expression de S_3 est parfaitement symétrique. Aucune parabole du deuxième degré ne pourrait donner un résultat aussi satisfaisant, si ce n'est celle qui, ne passant par aucun des points immédiatement voisins des limites de l'intervalle, passe également près de chacun de ceux-ci : la considération de cette parabole [3] conduit d'ailleurs à S_3.

3. En assimilant la courbe dans chaque intervalle (x_n, x_{n+1}) à une parabole du cinquième degré passant par les six points connus d'abscisses x_{n-2} à x_{n+2}, nous avons trouvé de même

$$S_5 = S_3 + \frac{11h}{1440}[+y_{p-2} - 2y_{p-1} + 2y_{p+1} - y_{p+2} - y_{q-2} + 2y_{q-1} - 2y_{q+1} + y_{q+2}].$$

En rapprochant des résultats des indications du tableau des différences premières, secondes etc. des valeurs y_1, y_2, y_3, ..., on peut prévoir en particulier que, λ étant un coefficient numérique convenable, la considération de la parabole d'ordre 7 permettrait d'obtenir

$$S_7 = S_5 - \lambda h[\varphi_{5,q} - \varphi_{5,p}]$$

avec

$$\varphi_{5,n} = y_{n+3} - 4y_{n+2} + 5y_{n+1} - 5y_{n-1} + 4y_{n-2} - y_{n-3}.$$

En écrivant que cette formule, appliquée à un petit intervalle, l'intervalle $(0, 1)$ par exemple, de la parabole $y = x^7$, donne l'aire *exacte*, on obtient pour λ la valeur $191/(1440 \times 84)$.

Il n'y a pas de difficulté à considérer des paraboles de degré impair encore plus élevé.

4. Comme les s_{2a+1} correspondent à des courbes présentant des points anguleux à chaque limite de petits intervalles, et comme on peut penser

---

(3) Sur cette parabole dite *symétrique*, voir notre travail dans le *Mémorial de l'Artillerie française*, 10, 1931, pp. 309 et suiv.

que parfois l'approximation serait meilleure si la courbe approchée n'en présentait pas, nous avons fait un calcul dans les conditions suivantes, dont la généralisation est d'ailleurs évidente.

En tout point connu, nous avons considéré la tangente à la parabole du quatrième degré passant par ce point et par les deux points les plus voisins des deux côtés du premier; dans tout petit intervalle, nous avons assimilé la courbe vraie à la parabole cubique, passant par les deux extrémités de la courbe dans cet intervalle et admettant pour tangente en ces points celles dont il vient d'être question : la courbe d'ensemble est composée d'une succession d'arcs de paraboles cubiques admettant mêmes tangentes aux points où ils se raccordent l'un à l'autre.

Appelant S_{05} l'aire correspondant à cette courbe et gardant les notations utilisées plus haut, nous avons trouvé

$$S_{05} = S_3 + \frac{h}{144}[y_{p-2} - 2y_{p-1} + 2y_{p+1} - y_{p+2} - y_{q-2} + 2y_{q-1} - 2y_{q+1} + y_{q+2}].$$

Ainsi S_{05} ne diffère de S_5 que par les coefficients de l'expression entre crochets, qui sont entre eux dans le rapport de 11 à 10.

5. Il convient de remarquer que, pour l'évaluation de l'aire considérée, les formules auxquelles nous sommes arrivé supposent connues certaines ordonnées $y_{p-1} \ldots y_{q+1} \ldots$ qui sont en dehors de l'intervalle dont l'aire est à évaluer; mais, s'il y a une difficulté de ce fait, on peut toujours faire application de la formule donnant S_3, par exemple à l'intervalle (x_{p+1}, x_{q-1}) et ajouter à l'aire trouvée celle correspondant respectivement aux deux petits intervalles (x_p, x_{p+1}) et (x_{q-1}, x_q), évalués séparément de la façon la plus judicieuse.

HYDRAULIQUE. — *Danger des manœuvres rythmiques dans les chambres d'équilibre.* Note (¹) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

A partir d'un régime d'écoulement permanent, de vitesse dans le canal d'amenée égale à W_0, on arrête instantanément le débit de la conduite; puis, lorsque le plan d'eau atteint sa position la plus élevée, dans la cheminée, on réalise immédiatement une ouverture identique à celle qui existait primitivement; ensuite, au moment du passage du niveau par sa position minima, on ferme; on continue à effectuer ainsi une succession de manœuvres alternées d'ouvertures et de fermetures, rythmées suivant les déplacements mêmes du niveau, comme il vient d'être dit.

Nous avons calculé, en négligeant la perte de charge dans le canal d'amenée,

(¹) Séance du 29 mars 1942.

et l'influence des variations de la hauteur de chute consécutives aux oscillations du plan d'eau, les amplitudes et les durées des déplacements successifs du niveau; nous trouvons ainsi que, si Z désigne la cote, au-dessus du niveau statique, atteinte à la fin de la première montée, cote dont la valeur est donnée par la théorie classique, les maxima et minima successifs ont comme amplitude le produit de Z par

$$1, \quad -\sqrt{2}, \quad +\sqrt{3}, \quad -\sqrt{4}, \quad +\sqrt{5}, \quad -\sqrt{6}, \quad \ldots,$$

la durée de chacune des montées ou descentes correspondantes étant $(T/4)[1+(2\varphi/\pi)]$, T désignant la valeur classique de la période du système *chambre d'équilibre-canal d'amenée*, et φ étant déterminé par les valeurs successives suivantes de $\operatorname{tang}\varphi$:

$$0, \quad \sqrt{1}, \quad \sqrt{2}, \quad \sqrt{3}, \quad \sqrt{4}, \quad \sqrt{5}, \quad \ldots$$

Ainsi, dans le $n^{\text{ième}}$ déplacement du niveau (montée ou descente), la position extrême du plan d'eau a pour cote, par rapport au niveau statique,

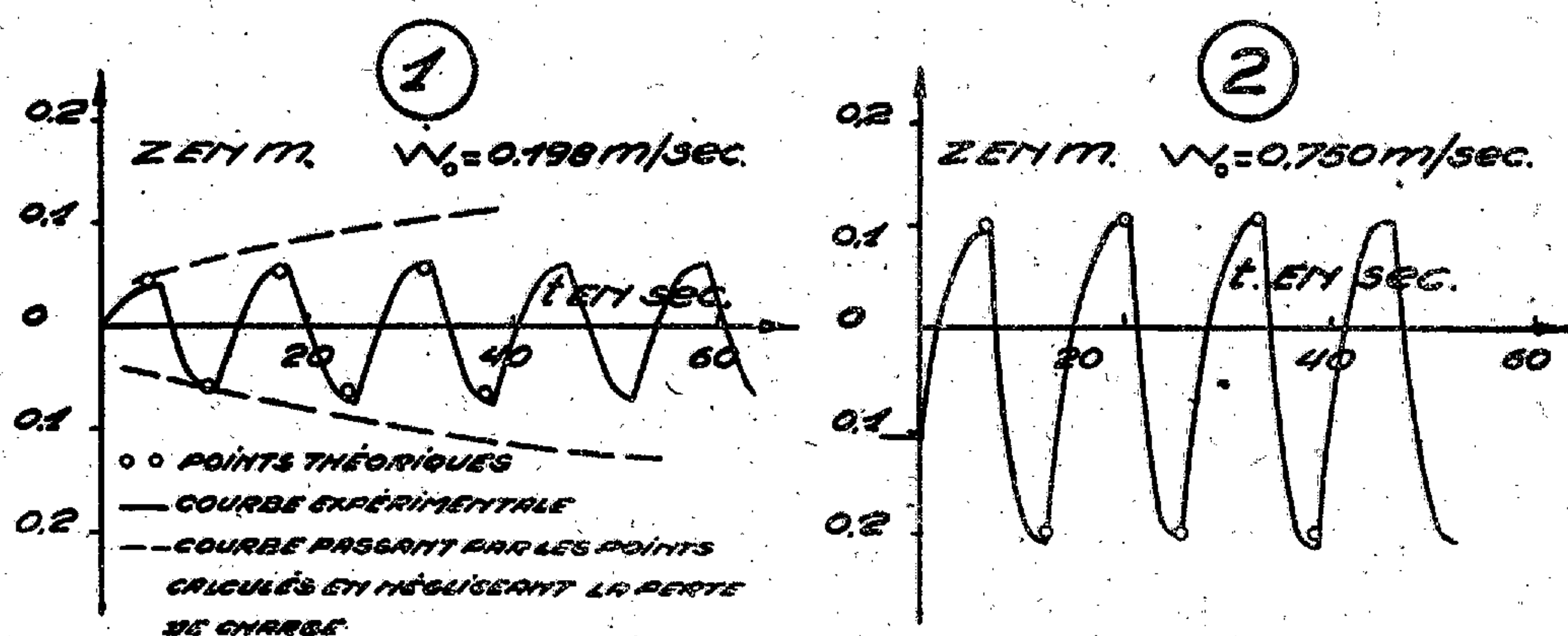
$$(-1)^{n-1} Z_* \sqrt{n},$$

la durée de ce déplacement étant

$$\frac{T}{4}\left[1+\frac{2}{\pi}\operatorname{arc\,tang}\sqrt{n-1}\right].$$

Nous avons ensuite étudié théoriquement le même problème, en tenant compte de la perte de charge dans le canal d'amenée et de l'influence des variations de la hauteur de chute consécutives aux oscillations du plan d'eau; un cas particulier important de cette étude concerne celui où le second élément peut être négligé. Les montées du plan d'eau peuvent être calculées analytiquement, les descentes doivent être examinées par la méthode graphique.

Nous avons enfin effectué de nombreux enregistrements sur un petit modèle : la cheminée d'équilibre a une section horizontale de 314^{cm^2}, le canal d'amenée



a une section de $28^{\text{cm}^2},3$ et une longueur de 574^{cm}; la hauteur de chute, 150^{cm}, est assez faible pour que ses variations ne puissent pas être négligées. La figure 1

donne l'un de ces enregistrements; nous avons porté, sur cette figure, les points représentant les maxima et minima théoriques, ainsi que la courbe passant par les points calculés en négligeant la perte de charge; cette courbe limite un domaine à l'intérieur duquel se loge l'inscription des oscillations. La figure 2 donne les mêmes éléments, pour une valeur plus forte de l'ouverture : les pertes de charge interviennent d'une façon beaucoup plus sensible, de telle sorte que les maxima et minima successifs se fixent presque immédiatement à leur valeur finale; sur cette figure, nous n'avons pas représenté la courbe passant par les points calculés sans tenir compte de la perte de charge, cette courbe n'ayant plus le moindre caractère d'approximation.

On voit, sur les figures 1 et 2, la bonne concordance qui existe entre la théorie et l'expérience. Ce résultat se maintient pour toutes les inscriptions qui ont été relevées. Celles-ci confirment également, au moins tant que la perte de charge dans le canal d'amenée n'a pas une valeur excessive, le fait, visible sur les figures 1 et 2, que l'amplitude du phénomène dépasse celle de la première montée. On vérifie également que les descentes sont plus accentuées que celles auxquelles conduit l'ouverture instantanée, à partir du repos, aboutissant à la même valeur de W_0.

Ces résultats montrent que le calcul d'une chambre d'équilibre, en vue des manœuvres normales de fermeture et d'ouverture, ne donne une sécurité complète que si l'on évite, dans l'exploitation, des manœuvres intempestives (déclenchement, mise en route, nouveau déclenchement etc.), risquant de constituer des perturbations rythmiques analogues à celles que nous avons étudiées.

PHYSIQUE. — *Microbalance à compensation électromagnétique.* Note de MM. **Pierre Manigault** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

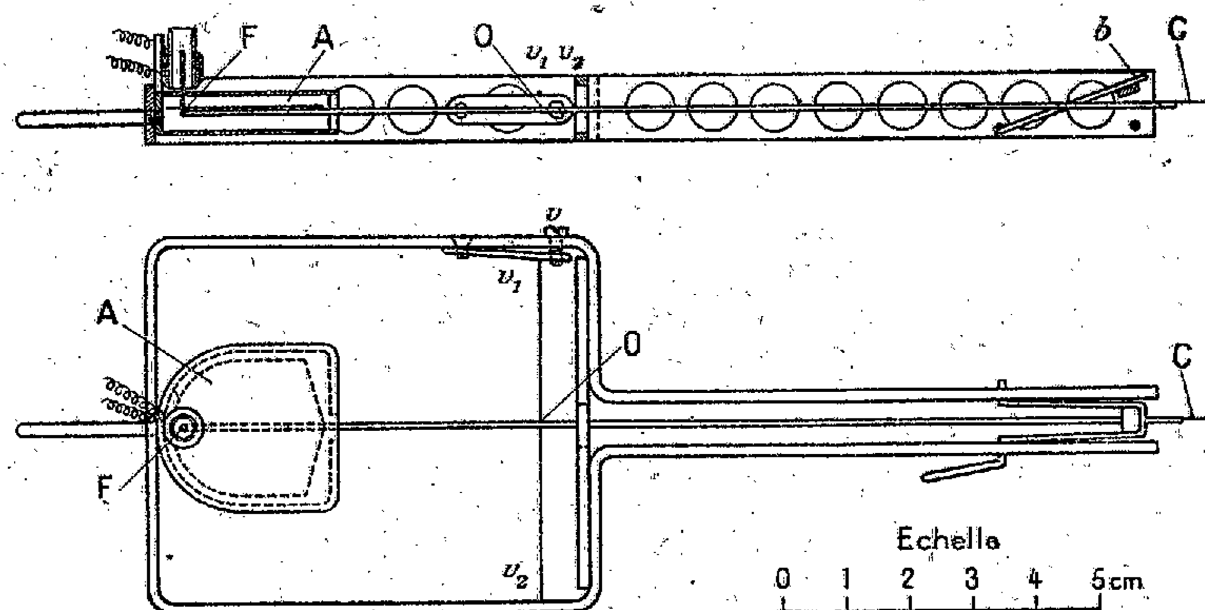
Le modèle de microbalance que nous avons construit est particulièrement adapté à des recherches de physique biologique poursuivies par l'un de nous. Il permet en effet d'une part de mesurer des forces dont la direction peut être inclinée sur la verticale (ou même être horizontale); d'autre part, de voir comment varient les forces lorsque leur point d'application se déplace de très petites quantités.

L'objet sur lequel s'exerce la force à mesurer est convenablement fixé à l'une des extrémités C d'une tige rigide FC (tube de pyrex étiré, diamètre $0^{mm},3$) qui joue le rôle de fléau [1]. Cette tige est elle-même fixée en O à un fil de quartz

[1] C'est à l'extrémité C du tube de pyrex servant de fléau que l'on enfonce à frottement doux une tige de verre étirée, façonnée sur la microforge de de Fonbrune et terminée en anse, en crochet, en griffe, en cupule, suivant la nature de l'objet à fixer. Pour enfoncer le porte-objet ou encore pour transporter la balance, on immobilise le fléau par un dispositif de bloquage *b*. On peut aussi, pour le rendre moins fragile, détendre le fil en desserrant la vis *v*.

très fin $v_1 v_2$ qui lui est perpendiculaire. Une mince plaquette de mica assujettie au bras OF trouve sa place dans une boîte plate, transparente, fixe, un peu plus grande qu'elle. Cette plaque sert d'amortisseur à air. Un bout de ruban d'anhyster ([2]) est fixé à l'extrémité du fléau F dans une direction perpendiculaire à OF et complète l'équipage mobile. Cet équipage est équilibré statiquement par des surcharges convenablement placées de façon que le centre de gravité soit sur l'axe O. Cela offre en particulier l'avantage que si les points d'attache v_1 et v_2 sont fixes, les trépidations n'affectent pas le fléau. De plus, la sensibilité de la balance est portée au maximum par suppression du balourd; seul le couple de torsion du fil de quartz intervient.

Le ruban d'anhyster est engagé dans une petite bobine d'environ 800 tours de fil de $0^{mm},1$ portée comme la boîte de l'amortisseur A par la fourchette qui soutient les extrémités du fil de torsion. Lorsqu'on fait passer dans la bobine un courant réglable, le ruban est attiré et l'on peut ramener le fléau dans la position initiale qu'on lui avait donnée, sans que l'on ait à y toucher en aucune manière. L'opérateur observe avec un instrument grossissant un point du fléau, par exemple l'extrémité C, et il suffit de lire les indications du milliampèremètre pour avoir la valeur de la force exercée. La correspondance entre les deux a été en effet établie par un étalonnage préalable pendant lequel, le fléau étant disposé horizontalement, on compense la force électromagnétique par le poids de cavaliers de masses connues placés sur le fléau. Lorsqu'on veut mesurer des couples de forces verticales que le couple de torsion du fil ne permet pas d'équilibrer complètement, on se sert de tels cavaliers même pour obtenir l'équilibre initial.



Dans l'appareil construit au laboratoire, la masse totale du fléau et des organes qu'il porte est de $0^g,03$ et celle de l'appareil complet avec amortisseur et bobine n'est que de 20^g. Cet appareil de mesure tout entier peut ainsi être

([2]) On pourrait le remplacer par un simple bout de fil de fer doux, mais il faudrait alors supprimer les résidus d'aimantation provenant des expériences antérieures, ou en tenir compte.

adapté au récepteur du micromanipulateur de de Fonbrune ([3]), ce qui permet de choisir à son gré l'orientation de l'axe $v_1 v_2$ et la position initiale de C. Ce micromanipulateur, bien connu des biologistes, permettant par la manœuvre d'un levier unique d'effectuer très commodément tous les déplacements nécessaires, nous paraît devoir être signalé aux physiciens pour les services qu'il peut leur rendre.

A cet ensemble balance-micromanipulateur s'associe un viseur muni d'un oculaire à réticule. Le déplacement à mesurer est de 4^{mm} pour une surcharge de $0^{mg},01$.

L'appareil nous a servi, en particulier à étudier les champs donnés dans l'entrefer et dans le voisinage par de petits aimants permanents. Le fléau portait une bille de bismuth de $2^{mg},2$ et la valeur de $\mathcal{H} d\mathcal{H}/dz$ était déduite immédiatement de la mesure de la force. Nous avons constaté que l'on obtient facilement avec ces petits aimants des valeurs de 10^7 C. G. S. pour ce produit.

Dans les cas où la compensation électromagnétique présente des inconvénients on adapte au fléau un dispositif de compensation utilisant des forces électrostatiques inspiré de ceux que l'on utilise dans les voltmètres électrostatiques.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'amplification des courants photoélectriques très faibles.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

Je me propose de comparer les résultats que j'ai obtenus dans l'amplification des courants photoélectriques très faibles par divers procédés.

1. *Amplificateur accordé.* — Un amplificateur accordé sur la fréquence 1000, et dont la bande passante est de 30 cycles environ, m'a permis de déceler, avec une grande stabilité des variations de 1 microvolt aux bornes de 5 mégohms (soit des variations de courant photoélectrique inférieures à 10^{-12} A). La capacité du circuit d'entrée n'a pas permis de gagner davantage par accroissement de cette résistance.

2. *Amplificateurs à courant continu.* — On peut alors utiliser des résistances d'entrée allant jusqu'à 10^{11} ohms. Je me suis servi d'une lampe électromètre Geco (pente 30 μA/volt) et d'un galvanomètre dont les caractéristiques sont les suivantes : sensibilité, 1^{mm} à 3^{m} pour 10^{-10} A période $T = 12$ s; résistance critique, 222000 ohms.

a. Montage à élimination de dérive. — J'ai employé le dispositif représenté par la figure 1. Il est analogue à celui indiqué par M. Gillod ([1]) à ceci près : il n'existe plus qu'une seule source débitant des courants appréciables, c'est E_1.

([3]) *Bull. des Recherches et Inventions*, 16, 1935, p. 433.

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1080

Comme l'a montré M. Gillod, ce montage simple permet de diviser au moins par 100 l'importance de la dérive. Le galvanomètre est de plus à l'amortissement critique et, en prenant $E_2 = 1,5$ volt, une déviation de 1^{mm} correspond à une variation de $2,5 . 10^{-5}$ V sur la grille de la lampe électromètre. La dérive résiduelle, très faible d'ailleurs, et le bruit de fond me paraissent limiter à 10^{-4} V (c'est-à-dire à 10^{-15} A) la sensibilité de l'appareil.

b. Montage balistique. — Par sa nature même il élimine la dérive. J'ai étudié la liaison lampe électromètre-galvanomètre par transformateur ou par capacité (*fig.* 2 et 3). Dans les deux cas, si q est la charge ayant traversé le balistique à l'instant t, on a

$$\tau \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} = p \frac{dV_g}{dt} \tau', \qquad (1)$$

où p est la pente dynamique de la lampe, V_g la tension grille et τ' un terme caractérisant le couplage. τ et τ' ont des valeurs du même ordre comparables aux constantes de temps L/R des circuits du transformateur ou au produit C. R. Le fonctionnement en balistique limite τ, donc τ', à une certaine valeur $\tau_m < T$ et l'efficacité maxima de la liaison est approximativement donnée par

$$\Delta q = p \tau_m \Delta Vg. \qquad (2)$$

α. Liaison par transformateur (*fig.* 2). — Une telle liaison est réalisée dans le montage décrit par M. Bruhat et ses collaborateurs ([2]). Avec une lampe électromètre et une penthode EL_3, il permet d'apprécier 10^{-5} V environ.

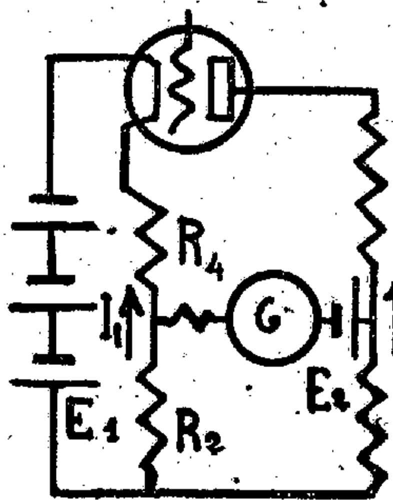


Fig. 1.

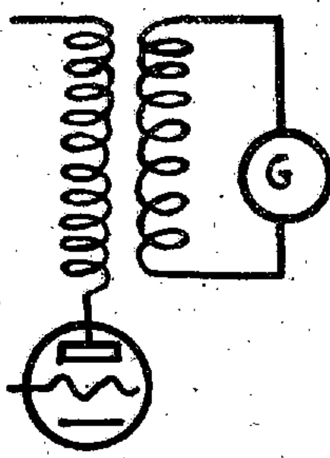


Fig. 2.

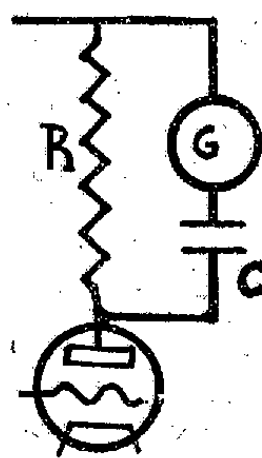


Fig. 3.

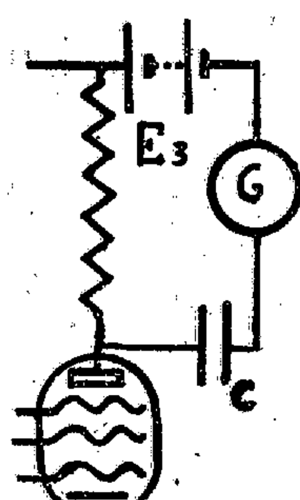


Fig. 4.

L'inconvénient est que la résistance des circuits limite L/R, donc τ, à des valeurs inférieures à la valeur optimum.

β. Liaison par condensateur (*fig.* 3). — J'ai, au contraire, facilement obtenu dans ce cas des valeurs plus grandes de τ, de 1 à 2 secondes, avec R = 12000 et C = 150 μF. Un condensateur électrolytique courant, pouvant supporter 150 V, mais utilisé ici sous 1,5 V, a donné satisfaction, son courant de fuite étant assez faible et assez constant. L'amplificateur se réduisant à une lampe

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 615.

électromètre avec $10^{11}\omega$ sur la grille, j'ai obtenu une déviation de 1^{mm} pour 5.10^{-6} V ou 5.10^{-16} A.

γ. *Comparaison.* — Avec la collaboration de MM. Bruhat et Raoult, j'ai, sur l'amplificateur décrit par ces auteurs, remplacé le transformateur par le condensateur (*fig.* 4) avec R = 3000 ohms et C = 300 μF; la tension aux bornes de R est de 70 V. L'adjonction de E_3 permet de ramener la tension aux bornes du condensateur à une valeur assez faible pour que le courant de fuite ne soit pas gênant. La déviation est 3 fois plus grande qu'avec le transformateur.

δ. *Conclusion.* — Dans la mesure d'impulsions brèves par la méthode du balistique, l'élimination de toute variation lente et aussi des composantes à fréquences extrêmement basses du bruit de fond me paraît permettre d'approcher et peut-être d'atteindre 10^{-5} V, soit 10^{-16} A environ. Pour obtenir ce résultat, la liaison par condensateur me paraît plus simple que la liaison par transformateur; celle-ci nécessite un transformateur à très grande self spécialement construit pour cet usage.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *L'extension en surface des grandes gerbes de l'air.* Note de MM. **Jean Daudin** et **André Freon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avions signalé (1) l'existence d'un effet permettant de mettre en évidence le rôle des photons dans les gerbes de l'air : lorsqu'on blinde les compteurs avec des feuilles de plomb, on observe un accroissement du nombre des coïncidences dû à la matérialisation des photons. La saturation est obtenue aux environs de 5^{mm} de plomb. Nous avons également calculé (2) la proportion et le spectre d'énergie des photons dans les gerbes en nous appuyant sur la théorie des cascades. Le nombre des photons doit être de 3 à 4 fois supérieur à celui des électrons, mais leur énergie moyenne est plus faible, presque tous ayant une énergie comprise entre 5.10^6 et 10^8 eV. L'effet coque calculé à partir de ces résultats (*loc. cit.*, p. 48) doit être tel que le nombre moyen de rayons actionnant un compteur soit accru de 50 à 70 % pour 4^{mm} de blindage. Tout se passe comme si la surface du compteur était multipliée par un facteur 1,50 à 1,70. Sachant comment l'efficacité d'un compteur varie avec la surface, on peut calculer l'augmentation théorique des coïncidences entre deux compteurs : elle devrait être de 100 à 130 %.

I. Dans le travail déjà cité, nous avions trouvé des effets très inférieurs, de 35 % ± 6 % sur une base de 3^m et 50 % ± 15 % sur une base de 13^m. L'énergie moyenne des photons étant inférieure à celle des électrons, on

(1) P. Auger et J. Daudin, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 897.
(2) J. Daudin, *Thèse de Doctorat*, 1942, p. 12.

pouvait s'attendre à ce qu'ils soient plus dispersés. Nous avons donc mesuré l'effet coque sur une base de 40^m en mesurant les coïncidences entre deux compteurs de 200 et 250$^{cm^2}$.

Coïncidences.

	Compteurs nus.			Compteurs blindés par 4^{mm} de plomb.	
	Total I.	Total II.	Fortuites.	Total.	Fortuites.
Nombre de coups...	848	743	240	1021	230
Durée..............	238^h	220^h	156^h	220^{h}30	169^{h}30
Nombre d'observat..	XI	X	VII	XII	VII
Dispersion.........	3,5	1,2	0,7	1,1	0,4
Moyenne horaire....	3,56 ± 0,25	3,38 ± 0,25	1,54 ± 0,1	4,62 ± 0,15	1,35 ± 0,1

Le total II ne diffère du total I que par l'exclusion d'une observation anormale présentant un écart égal à cinq fois l'écart quadratique moyen.

Les coïncidences vraies s'obtiennent en soustrayant les fortuites. L'effet coque est alors trouvé égal à 60 ou 80 % entre compteurs éloignés de 40^m.

Nous avons contrôlé la diminution des fortuites lorsqu'on blinde les compteurs en mesurant la diminution du nombre des chocs simples. Le nombre des fortuites étant proportionnel au produit des nombres des chocs simples, on constate que la diminution des fortuites devrait être de 40 % environ lorsqu'on blinde les compteurs. Il est donc probable que la diminution observée pour les fortuites est un minimum et par conséquent que l'effet observé est plutôt inférieur à l'effet de coque vrai.

II. Ce résultat a les conséquences suivantes : Le rayonnement extérieur dans les grandes gerbes paraît toujours être de nature électronique et électromagnétique, en accord avec les plus récents calculs théoriques (³). Les photons semblent effectivement plus dispersés que les électrons. Leur énergie moyenne semble plus faible en accord avec nos calculs théoriques. La faiblesse de l'effet expérimental, même jusqu'à 40^m de base, semble pouvoir s'interpréter si l'on attribue aux photons secondaires d'électrons lents, qui constituent 50 à 60 % du nombre des photons, une dispersion encore plus grande, très admissible puisque la diffusion élastique angulaire des électrons lents est grande et le parcours des photons (5 à 700^m) long dans ce domaine d'énergie.

Il ne paraît pas actuellement nécessaire de faire intervenir une absorption supplémentaire des photons, par exemple par effet photonucléaire, au moins pour les photons de faible énergie.

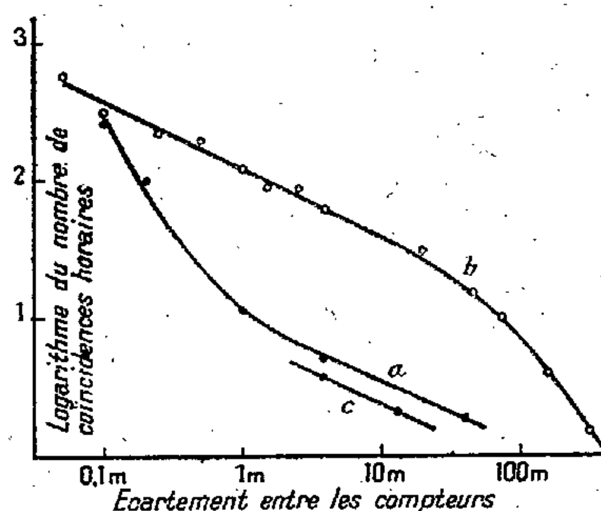
III. Nous avons également mesuré la décroissance du nombre des coïncidences lorsqu'on écarte les compteurs de 10^{cm} à 40^m. Les résultats sont les suivants :

Distance entre les compteurs.		0^m,1.	0^m,2.	1^m.	3^m.	13^m.	40^m.
Coïncidences horaires.	Série 1..	280 ± 7	100 ± 4	10,9 ± 0,8	5,9 ± 0,6	–	1,8 ± 0,25
	» 2..	–	–	–	4,12	2,00	–

(³) BETHE, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 684; NORDHEIM, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 929; LANDAU, *Journ. of Phys.*, 2, 1940, p. 237; MOLIÈRE, *Naturwiss.*, 1942, p. 87.

Nous avons représenté cette décroissance par la courbe *a* ci-dessous en échelles logarithmiques. La courbe *b* représente la décroissance observée en altitude (Jungfraujoch 3450^m) par Auger, Maze et Robley (¹).

Entre 1 et 40^m les courbes *a* et *b* sont parallèles, mettant en évidence l'identité probable de la structure générale des grandes gerbes à ces deux altitudes très différentes. Cette identité est un nouvel argument en faveur des



Courbe c : Série 2 (compteurs de surface différente).

idées suivant lesquelles les gerbes sont bien constituées dans leurs parties périphériques par un rayonnement absorbable tel que les photons et les électrons. Elle était prévue par la théorie des cascades.

L'identité des courbes prouve également que la décroissance des coïncidences, lorsqu'on descend dans l'atmosphère, est bien la même quelle que soit la base choisie. Après Cosyns, nous avons mis en évidence un accroissement anormal du coefficient barométrique lorsqu'on écarte les compteurs. Pourtant, nous n'avons pu mettre en évidence d'effet barométrique dans les mesures ci-dessus à 40^m, mais seulement une dispersion anormale des résultats partiels. Il serait possible que d'autres effets météorologiques (en particulier la température) agissent sur l'absorption des grandes gerbes, ce qui aurait pour conséquence de faire varier les coefficients barométriques apparents dans de grandes proportions. Ces autres facteurs n'ont pas été mis en évidence par nous sur une base de 3^m.

Lorsque les compteurs se rapprochent à moins d'un mètre, le comportement des deux courbes *a* et *b* devient très différent. Il y a au niveau de la mer un excès de très petites gerbes par rapport aux grandes gerbes. Ces gerbes doivent être très molles et d'extension très réduite. On ne peut les attribuer qu'aux effets secondaires des mésons (chocs et désintégrations) qui en altitude sont noyés dans un rayonnement de grandes gerbes beaucoup plus abondant.

En résumé, les résultats que nous venons d'obtenir sont une nouvelle confirmation de la validité de la théorie des gerbes en cascade, appliquée au rayonnement d'énergie moyenne dans les grandes gerbes de l'air.

(¹) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 641.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Conductibilités électriques de la glucine et de la magnésie aux températures élevées.* Note [1] de M. MARC FOËX, présentée par M. Paul Lebeau.

Les déterminations de conductibilités électriques des oxydes réfractaires précédemment effectuées aux températures élevées ne concernent, le plus souvent, que des intervalles de température restreints; en outre, seuls un petit nombre d'essais portent sur des produits purs. Citons pour la glucine le travail de J. A. Osteen [2] (jusqu'à 1500°) et pour la magnésie les études de E. Podszus [3] (1500-2000°, électrodes de tungstène, magnésie calcinée pure) et de E. Rousseau [4] (1400-1700°, électrodes de graphite, magnésie fondue pure).

Pour l'établissement des conductibilités des oxydes réfractaires, il est nécessaire d'utiliser : 1° des produits purs ne présentant pas en particulier d'hydratation résiduaire; 2° des électrodes et une atmosphère de gaz ne réagissant pas sur l'oxyde considéré.

Dans le cas de la glucine, il a été employé des électrodes de molybdène. Il n'est pas possible de placer ce métal au contact de la magnésie non plus que le tungstène ou le carbone, par suite de l'action réductrice de ces éléments. Le carbone, notamment, réduit la magnésie à haute température [5], en donnant du magnésium. La réaction a lieu suivant le schéma $MgO + C \rightleftharpoons CO + Mg$ et est accompagnée d'une formation de carbure de magnésium. Il a été établi par de nombreux essais que la présence de magnésium, sensible dès 1300-1400°, fausse complètement les mesures de conductibilité, le courant passant à travers les vapeurs métalliques conductrices.

Afin d'éviter la présence de vapeurs de magnésium entre les électrodes, le dispositif suivant a été adopté pour les mesures de conductibilité de la magnésie : les arrivées de courant en graphite sont entourées chacune d'un tube en magnésie fermé à l'extrémité; l'éprouvette de mesure est placée entre ces tubes. Le magnésium produit dans les tubes au contact du carbone distille à l'intérieur des tubes vers les parties froides en redonnant son oxyde. En l'absence de contact avec le carbone, les éprouvettes de magnésie ne subissent au cours des mesures, effectuées entre 800° et 2100° en atmosphère d'azote, que de légères pertes de poids (2 ‰, soit 50 fois moins qu'avec des électrodes de graphite); un courant d'azote entraîne les faibles quantités de vapeur de magnésie formées. Il importe de faire une mesure corrective de

(1) Séance du 16 mars 1942.

(2) *Physics*, 3, 1932, p. 81.

(3) *Z. Elektrochem.*, **39**, 1933, p. 75.

(4) *Chimie et Industrie*, Congrès de Lille, 1934, p. 755.

(5) P. LEBEAU, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 799.

conductibilité en remplaçant entre les électrodes l'éprouvette de mesure par une autre éprouvette de même section et de faible hauteur ($0^{cm},1$) en magnésie fondue.

Les mesures ont été effectuées sur des cylindres de glucine et de magnésie pures de 1 à $3^{cm^2},5$ de section et de 2 à 3^{cm} de hauteur. Ces cylindres ont été préparés par compression des oxydes (30 kg-cm^2); ils ont été ensuite soumis à l'action d'une température de 1200° ou de 2100°. On a également opéré sur des échantillons de magnésie pure et de magnésie industrielle (97,5% MgO et 2% SiO^2) préalablement fondus à l'arc électrique et meulés sous forme d'éprouvettes à section carrée de 0,2 à 1^{cm^2} et de 2 à 4^{cm} de longueur. Le chauffage est assuré par un four à résistance de carbone C, la température est mesurée optiquement avec une précision de ±7° à 2000°. On a déterminé la résistivité des divers échantillons en mesurant l'intensité du courant alternatif qui les traverse sous une différence de potentiel de 220 volts. Les résultats suivants ont été obtenus :

	Résistivités en ohms-centimètres.					
	GlO pure calcinée à 2100°.	MgO pure calcinée à 2100°.	MgO pure fondue.	MgO industrielle fondue.	MgO pure calcinée à 1200°.	MgO pure hydratée ([b]).
t°C. d ([a])...	2,25.	2,8.	3,75.	3,74.	1,0.	1,0.
700.......	–	–	–	–	–	50 000 000
800.......	–	–	–	35 000 000	–	15 000 000
900.......	–	90 000 000	40 000 000	5 000 000	–	6 000 000
1000.......	80 000 000	20 000 000	9 000 000	1 000 000	35 000 000	3 000 000
1100.......	16 000 000	5 000 000	2 000 000	250 000	8 000 000	1 800 000
1200.......	4 000 000	1 200 000	500 000	50 000	2 500 000	1 000 000
1300.......	800 000	250 000	120 000	15 000	–	–
1400.......	250 000	100 000	40 000	5 000	–	–
1500.......	80 000	30 000	15 000	2 000	–	–
1600.......	35 000	12 000	7 000	800	–	–
1700.......	15 000	5 500	3 000	400	–	–
1800.......	6 500	3 000	1 500	200	–	–
1900.......	3 500	1 500	700	100	–	–
2000.......	1 600	800	350	60	–	–
2100.......	800	450	200	30	–	–

([a]) *d* indique dans les différents cas la valeur de la densité apparente.
([b]) Magnésie contenant initialement 2% d'eau. Vitesse de chauffe de cet essai : 100° en 2 minutes.

Les variations de la résistivité ρ de la glucine et de la magnésie en fonction de la température se font suivant une loi se rapprochant sensiblement dans de grands intervalles de température de $\rho = A\,e^{B/T}$, A et B étant des constantes, T la température absolue.

En conclusion, la glucine apparaît être aux températures élevées un meilleur isolant que la magnésie. D'autre part, les échantillons de magnésie pure sont beaucoup plus résistants dans les mêmes conditions que ceux contenant de la silice ou de petites quantités d'eau résiduaires.

PHYSICOCHIMIE. — *Influence de la composition chimique du combustible et de la richesse du mélange carburé sur le coefficient polytropique de détente dans les moteurs à explosion.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons déjà attiré l'attention ([1]) sur la post-combustion dans les moteurs à explosion, et donné des résultats numériques concernant la quantité de chaleur libérée pendant la détente sous l'influence de ce phénomène. Ces résultats démontraient que, toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité de la post-combustion dépend dans une large mesure de la turbulence propre au moteur considéré.

Par ailleurs nous avons montré qu'il est possible, par des constructions et des calculs simples ([2]), de déterminer le *rendement de la combustion vive*, c'est-à-dire le rapport qui existe entre la quantité totale d'énergie libérée sous forme de chaleur ou de travail pendant cette combustion et l'énergie dégagée par la combustion théorique de la quantité de carburant effectivement brûlée.

Enfin les analyses de gaz d'échappement effectuées dans les mêmes conditions indiquent que l'équilibre thermodynamique est pratiquement atteint, sinon en fin de détente, au moins immédiatement après passage au niveau des soupapes d'échappement.

Dans ces conditions il s'imposait de rechercher si le rendement de la combustion vive varie en sens inverse de l'intensité de la post-combustion, comme cela doit se produire si l'on admet que l'énergie totale libérée est sensiblement constante pour l'ensemble des deux phénomènes.

Des essais ont donc été effectués en vue de vérifier cette hypothèse et surtout de mettre en évidence l'influence particulière de la *richesse du mélange carburé* et de la *composition chimique du combustible* sur l'intensité de la post-combustion et le rendement de la combustion vive.

Le tableau ci-après, qui indique dans quel intervalle varient le coefficient polytropique de détente d'une part et le rapport des pressions correspondant à un même volume occupé par les gaz immédiatement avant et après la combustion d'autre part, donne une idée suffisamment précise du sens dans lequel varient les fonctions étudiées, lorsque la richesse varie dans tout l'intervalle des valeurs pratiquement utilisables et pour différents carburants.

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1758.

([2]) Voir *Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° **103**, pp. 39 et 157 à 161; *Chaleur et Industrie, Journée de la combustion à volume constant*, 1938, pp. 151 à 153.

Carburant.	Coefficient polytropique.	Rapport des pressions.	Température d'air à l'admission du carburateur.
Aéronef B	1 à 1,2	2,5 à 3,5	12
»	1,2 à 1,3	2,8 à 3,6	21-22
50% Aéronef B + 50% Di-Acétone Alcool	1,06 à 1,1	2,4 à 2,6	22
50% Aéronef B + 50% Oxyde de mésityle	1,22 à 1,31	2,9 à 3,9	»
Mélange de diverses Cétones n° 100	1,24 à 1,32	3 à 3,8	»
80% Aéronef B + 20% Gasoil	1,28 à 1,33	3 à 3,6	»
90% Aéronef B + 10% Gasoil nitraté	1,32 à 1,35	3 à 3,6	»
Iso-octane pur	1,25 à 1,32	3,2 à 3,6	»
50% Aéronef B + 50% Éther isopropylique	1,27 à 1,33	2,8 à 3,4	»
50% Iso-octane + 50% Alcool	1,32 à 1,33	2,5 à 3,5	»

De ces résultats on peut conclure :

1° que la richesse du mélange carburé n'influe pas seulement sur la vitesse de la combustion vive et sur l'énergie totale qu'elle libère, mais aussi sur l'intensité de la post-combustion, celle-ci étant d'autant plus intense que le mélange est plus pauvre (et ceci explique que, même en adaptant convenablement l'avance à l'allumage à la richesse du mélange employé comme on l'a fait dans les expériences ci-dessus citées, la température d'échappement puisse être sensiblement plus élevée pour les mélanges pauvres que pour les mélanges riches);

2° que cette influence de la richesse sur la post-combustion dépend de la nature du combustible utilisé;

3° que l'intensité de la post-combustion et le rendement de la combustion vive varient bien en sens opposés comme il était prévu;

4° que la post-combustion est d'autant moins intense et le rendement de la combustion d'autant plus élevé que le combustible considéré contient des molécules plus oxydables (mélange d'essence et d'oxyde de mésithyle ou d'essence et d'éther isopropylique ou d'essence et de gasoil nitraté ou non nitraté);

5° que dans certains cas des additions très petites de certains corps peuvent accroître sensiblement le rendement de la combustion du mélange carburé dans le moteur.

L'ensemble de ces conclusions se trouve d'ailleurs confirmé en comparant les valeurs des consommations spécifiques obtenues avec différents carburants et surtout avec différents mélanges, eu égard au pouvoir de travail de ces carburants et de ces mélanges ([3]). Cette étude montre en effet que le rapport entre la consommation spécifique théoriquement réalisable et la consommation spécifique réellement mesurée est plus élevé pour les mélanges qui accusent précisément la post-combustion la plus faible et le coefficient polytropique de détente le plus grand.

([3]) Voir *Cours-Conférence du Centre de Perfectionnement technique de la Maison de la Chimie*, n° 612, p. 24.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de l'azotate de sodium par le calcium.* Note (¹) de MM. André Chrétien et Yves Longi.

Les azotites purs, même celui de sodium, ne sont pas des sels communs. La fabrication de l'azotite de sodium a évolué depuis une vingtaine d'années parallèlement à celle de l'acide azotique. Elle utilise maintenant l'absorption des vapeurs nitreuses par une solution de soude, indiquée dès 1816 par Gay-Lussac, bien avant Divers (1899) qui en a généralement la primauté. L'opération est délicate, comme l'importante étude faite par Bureau (¹) l'a montré récemment. L'absorption des vapeurs nitreuses reste cependant avantageuse, malgré des perfectionnements récents de l'ancienne méthode de réduction de l'azotate par le plomb, qui a été la seule utilisée pour préparer l'azotite. La méthode est encore utilisée pour fabriquer la litharge.

L'absorption des vapeurs nitreuses ne convient que pour préparer les azotites alcalins et alcalino-terreux. Ainsi, Bureau reprend la méthode peu commode de double décomposition en solution aqueuse par l'azotite d'argent pour préparer les azotites de Cu, Ag, Gl, Mg, Zn, Cd, Hg et Pb. Les azotites fragiles à l'eau, en raison d'une hydrolyse très avancée, restent inaccessibles. C'est le cas notamment pour ceux de fer et d'aluminium.

Une méthode à sec, réalisable à température relativement basse, aurait l'avantage d'être plus générale.

La réduction des azotates pourrait convenir en utilisant un réducteur plus actif que le plomb, léger, et de faible poids atomique relativement.

Dans ce but, nous avons fait une étude sur la réduction de l'azotate de sodium par le calcium.

Pour opérer d'une manière pratique à température aussi basse que possible, l'azotate de sodium est additionné d'azotite de sodium à masses égales; les cristaux mixtes formés présentent alors une température de fusion minimum, 225°.

Un godet d'acier contenant 4^g du mélange salin est placé dans la partie médiane d'un four électrique à enroulement, maintenu à 250° par un régulateur à fil dilatable. Le four est traversé par un courant d'azote.

Du calcium affiné (*Société d'Electrochimie*), râpé au tamis 60, est ajouté par portions de 1^{dg} au mélange salin fondu. En opérant lentement, toute incandescence est évitée; une addition de calcium est faite toutes les 3 heures.

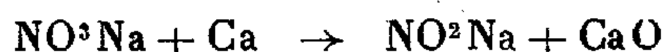
L'azotite est dosé par volumétrie indirecte : précipitation d'azotite d'argent et titrage en retour de l'argent par la méthode de Charpentier-Volhard. On opère en solution dans l'alcool à 95°. Cette particularité, qui est nouvelle, permet le dosage. Il serait impossible en solution aqueuse, étant donnée la solubilité relativement grande de l'azotite d'argent.

Voici nos conclusions :

1° Il existe une quantité *optimum* de calcium donnant une quantité *maximum* d'azotite (courbe I, *fig.* 1; la courbe II est théorique). Elle

(¹) Séance du 16 mars 1942.

représente 75 % de la quantité correspondant à la réaction



$$NO^3Na + Ca \rightarrow NO^2Na + CaO$$

(OB = 3BA). Le rendement en azotite, représenté alors par le rapport BC/BD, est 0,76.

2° Le rendement en azotite est fortement influencé par la *chaux*.

a. La chaux *catalyse* la *réduction de l'azotate* en azotite.

Ainsi la quantité d'azotite formé est réduite au 1/10 environ si l'opération est faite dans le gaz carbonique qui n'altère pas le mélange fondu. Et il est

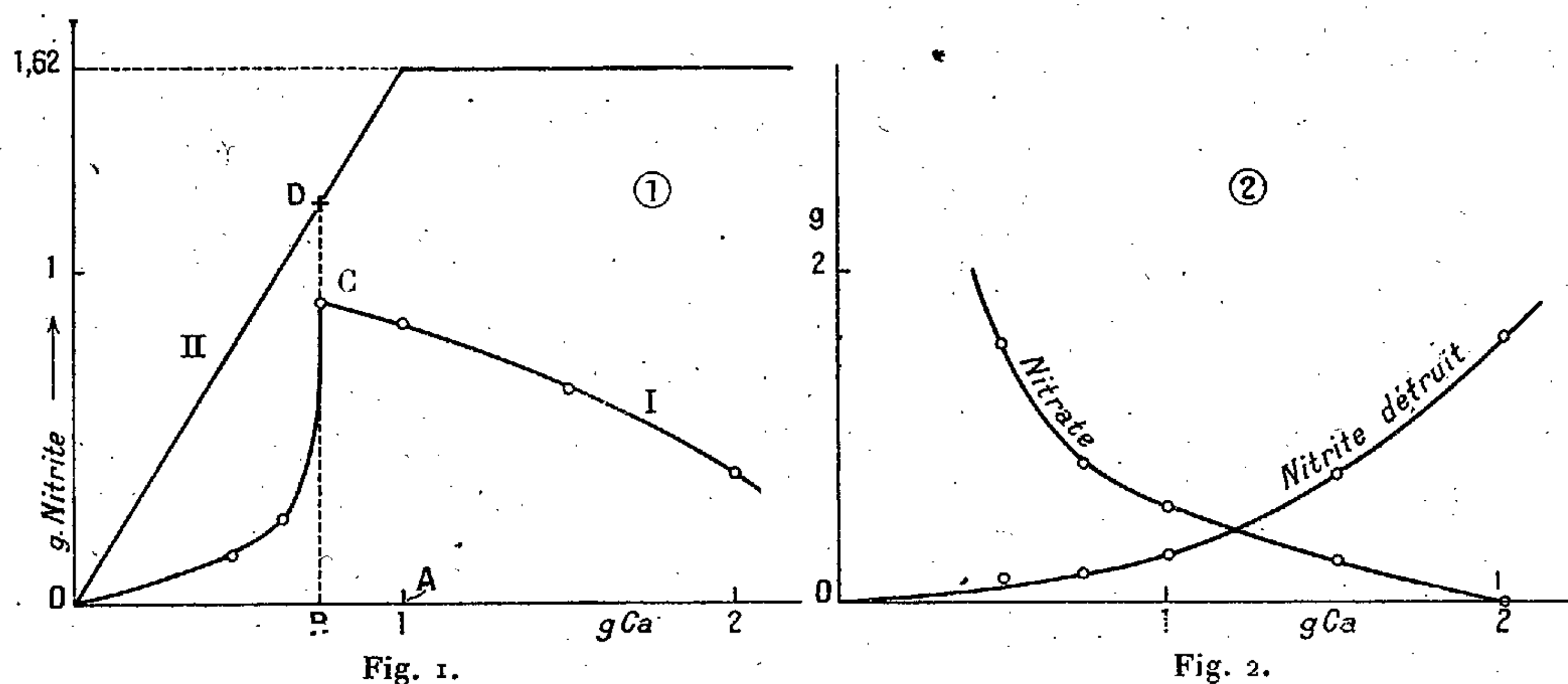
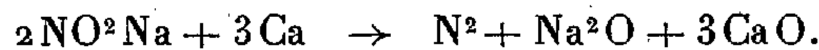


Fig. 1. Fig. 2.

de plus en plus difficile d'éviter une incandescence à mesure que le mélange renferme plus de chaux. Il y a incandescence dès la première addition de calcium si de la chaux est ajoutée au mélange salin.

b. La chaux *catalyse* aussi la *réduction de l'azotite*.

Cette réduction conduit à l'azote et à l'oxyde Na^2O, dont le dosage donne l'azotite détruit :



$$2NO^2Na + 3Ca \rightarrow N^2 + Na^2O + 3CaO.$$

L'azotate restant s'en déduit. Les deux courbes (*fig*. 2) ont des pentes de sens inverse. L'azotite détruit est peu important tant que la chaux est en petite quantité. L'azotate disparaît pour un excès de calcium double de la quantité correspondant à la réduction quantitative de l'azotate en azotite. Mais le rendement en azotite est tombé à 0,25.

L'allure assez remarquable de la courbe à maximum, traduisant la variation du rendement en azotite avec la quantité de réducteur, s'accorde avec ces faits résultant des analyses. La partie montante caractérise bien une réaction autocatalytique, et la partie descendante décèle une réaction parasite.

Elle est analogue à l'allure de la courbe *rendement-température* de l'oxydation catalytique du gaz sulfureux par un catalyseur oxydé dit *à sulfate*. Dans les deux cas, le rendement finit par baisser par suite de la disparition partielle du produit cherché; ici, par réduction de l'azotite, qui est de plus en plus marquée, là par fixation de l'anhydride sulfurique comme sulfate devenu stable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Pyrogénation dans le vide de quelques salicylates alcalins et alcalinoterreux.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

La décomposition des salicylates métalliques par la chaleur a fait l'objet de plusieurs observations. La diversité des méthodes employées, ainsi que l'imprécision concernant la nature des gaz obtenus lors de ces essais, nous ont conduit à reprendre cette question en opérant dans des conditions déterminées.

La technique que nous avons suivie est celle que M. P. Lebeau ([1]) a mise au point pour l'étude des combustibles solides et qui nous a servi pour nos essais de pyrogénation de quelques sels manganeux ([2]).

Les résultats consignés dans cette Note sont relatifs aux salicylates de sodium, de magnésium, de calcium et de baryum.

La température à laquelle commence le dégagement gazeux a été déterminée dans une expérience préliminaire conduite lentement, en élevant la température d'une façon continue à raison d'un degré en deux minutes. De la sorte, nous avons constaté la dénivellation manométrique commençant à

°		
245	salicylate de	sodium
205	»	magnésium
220	»	calcium
230	»	baryum

En outre, au cours de ces essais, nous avons observé que le salicylate de sodium est stable jusqu'à 245°, tandis qu'à 140° pour le sel de magnésium, et à 210° dans le cas des sels de calcium et de baryum, il commence à se déposer de l'acide salicylique sur les parois du tube de quartz, à la sortie du four. En maintenant le salicylate de calcium à 210-215° jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide salicylique, on obtient un composé dont la formule correspond sensiblement à une molécule de salicylate basique pour trois molécules de salicylate normal.

Le début du dégagement gazeux est toujours concomitant avec l'apparition de cristaux de phénol dans le condenseur refroidi à —80°.

Les expériences, effectuées en élevant la température jusqu'à 1000°, ont permis de recueillir des gaz dont les volumes sont exprimés en centimètres cubes par millimolécule-gramme de sel anhydre. Les résultats obtenus sont donnés sous forme de graphiques (*fig.* 1, 2, 3 et 4).

Nous y avons rassemblé la composition de chacune des fractions gazeuses.

([1]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 319.
([2]) *Thèse Doct. Univ.* (*Pharm.*), Paris, 1938.

Dans tous les cas, elles étaient constituées par un mélange pouvant contenir de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, à l'exclusion des carbures saturés et non saturés.

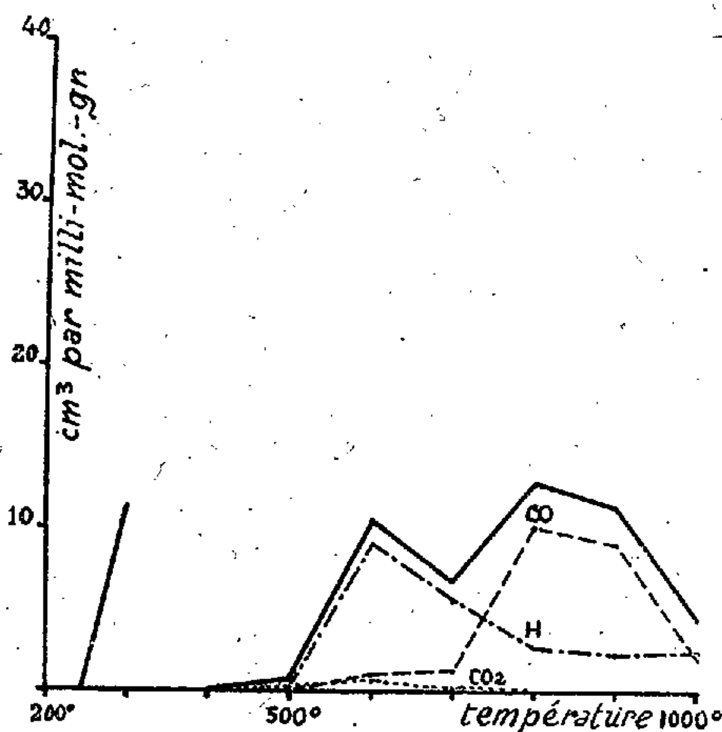


fig.1. Salicylate de Sodium

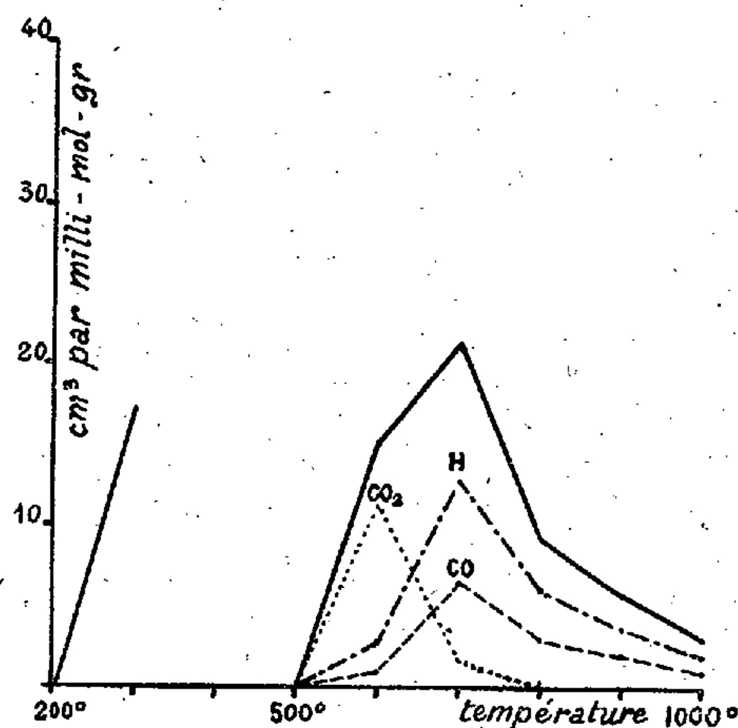


fig.2. Salicylate de Magnésium

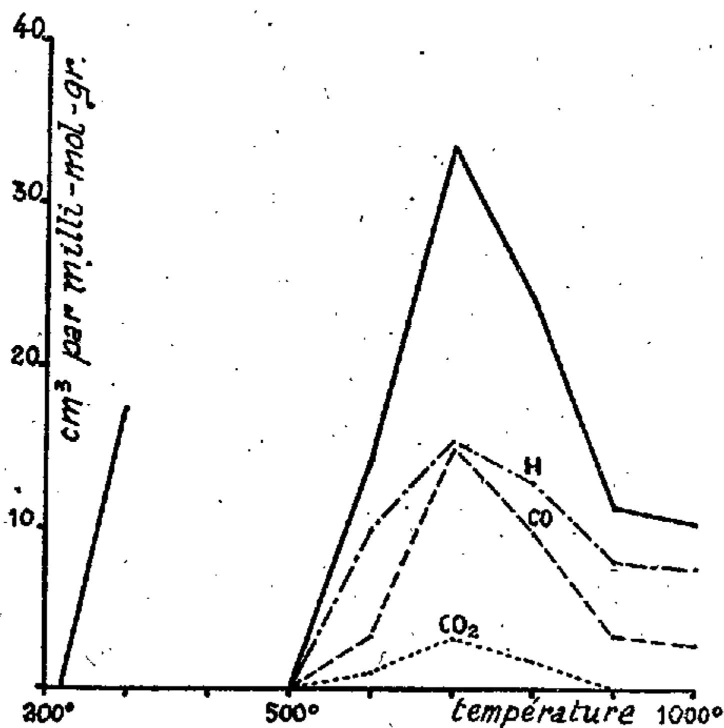


fig.3. Salicylate de Calcium

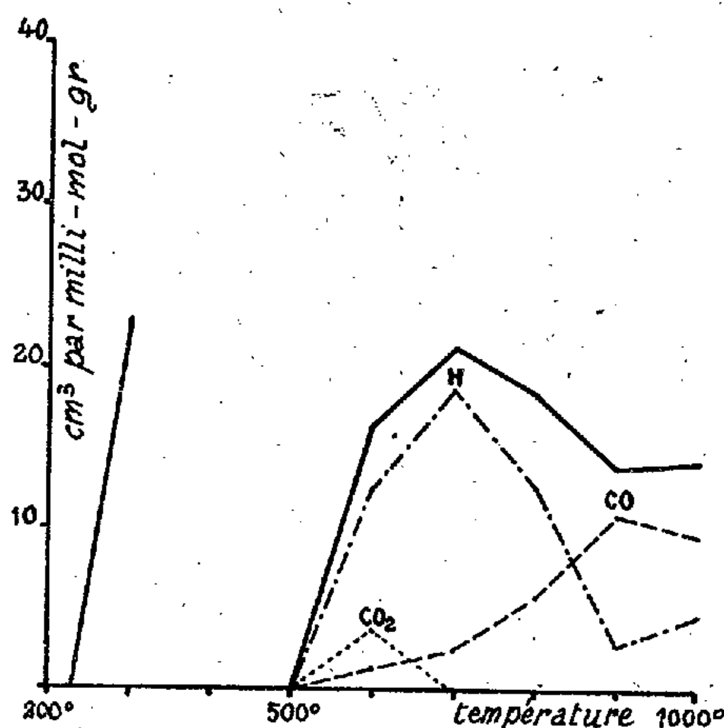


fig.4. Salicylate de Baryum

Dans le tableau suivant se trouvent réunis les compositions centésimales du dégagement total pour chacun des sels étudiés.

	(1).	CO^2 %.	CO %.	H %.	Ind. %.
Salicylate de sodium...........	58,14	21,22	39,90	38,88	–
» magnésium.......	71,51	41,48	19,40	38,74	0,06
» calcium..........	110,48	21,10	30,50	48,36	0,04
» baryum..........	106,61	23,95	28,35	47,65	0,05

(1) cm³ de gaz dégagés par millimol-g de sel anhydre.

Nous avons encore observé que, lors de la pyrogénation du salicylate de sodium, le métal distille entre 700 et 800° sans qu'il y ait condensation de goudrons. Ceux-ci, par contre, se forment à partir de 500° pour le sel de magnésium, et de 400° pour celui de calcium, et sont de couleur violette.

Enfin, en chauffant les salicylates normaux à la température du dégagement de l'anhydride carbonique, on obtient les salicylates basiques anhydres. Nous avons ainsi isolé le salicylate basique du magnésium dont l'existence avait été contestée par MM. Œchsner de Coninck et Gérard ([3]).

En résumé, l'action de la chaleur, dans le vide, sur les salicylates de sodium, de magnésium, de calcium et de baryum, nous montre que :

1° Les sels alcalinoterreux, contrairement au sel de sodium, perdent de l'acide salicylique avant de donner lieu à un dégagement d'anhydride carbonique et de phénol;

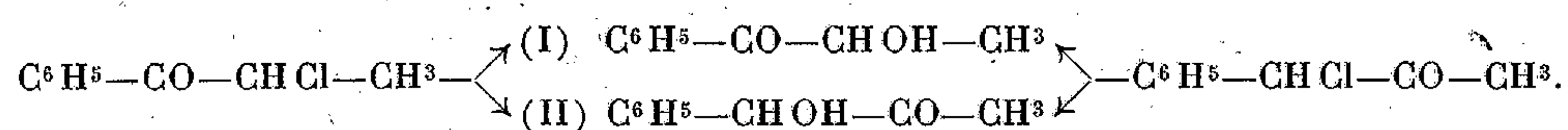
2° La décomposition a lieu en deux phases distinctes : la première jusqu'à 300°, avec dégagement d'anhydride carbonique pur, et formation de salicylate basique; la seconde à partir de 500°, accompagnée de dégagements gazeux présentant deux maxima (à 600 et à 800°) dans le cas du sodium, et un seul maximum (à 700°) dans le cas des alcalinoterreux. Ce dernier correspondant alors au dégagement maximum de l'hydrogène;

3° Le résidu, obtenu en arrêtant le chauffage du salicylate de baryum à 600°, fait effervescence avec l'acide chlorhydrique; il semble donc que le maximum de la seconde phase soit en relation avec la stabilité du carbonate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétylphénylcarbinol et benzoylméthylcarbinol. Leur formation simultanée à partir de la chloro-2 phényl-1 propanone-1 ou de la chloro-1 phényl-1 propanone-2. Leur identification.* Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

On sait que certains cétols (acyloïnes) subissent des mutations qui les transforment les uns dans les autres, si bien que, notamment dans la série des benzoïnes, leur constitution ne se déduit pas nécessairement de leur mode de formation, et d'autre part leur identification peut comporter de fréquentes causes d'erreur.

J'ai précisément constaté que, dans la transformation en cétols de deux cétones α chlorées isomères, la chloro-2 phényl-1 propanone-1 et la chloro-1 phényl-1 propanone-2, réalisées en soumettant celles-ci à l'action de la soude hydroalcoolique, chacune de ces cétones conduit, non pas au cétol correspondant, mais à un mélange des deux cétols isomères



La séparation de ces deux cétols a pu être effectuée par le bisulfite de sodium; celui-ci donne avec le cétol (II) une combinaison cristallisée qui régénère aisément ce cétol et qui, traitée soit par la semicarbazide, soit par le chlorure de benzoyle, fournit la semicarbazone et le benzoate correspondants, chacun à l'état pur, c'est-à-dire non mélangé du dérivé correspondant du cétol (I). Mieux encore, en faisant agir sur cette même combinaison bisulfitique le

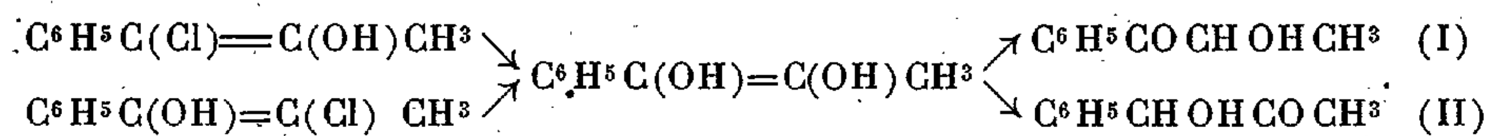
([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 17, 1915, p. 282.

chlorure de thionyle, j'ai pu régénérer la cétone chlorée initiale, la chloro-1 phényl-1 propanone-2.

Quant au cétol (I), je ne crois pas l'avoir obtenu jusqu'à présent dans un état suffisant de pureté pour effectuer les mêmes transformations et pour tirer des conclusions analogues. Quoi qu'il en soit, je puis dès maintenant affirmer, contrairement à Faworsky et Temnikowa [1], qui d'ailleurs ont opéré dans des conditions différentes, que la phényl-1 propanol-1 one-2 et la phényl-1 propanol-2 one-1 ne fournissent pas la même semicarbazone, mais qu'à chacune d'elles correspond une semicarbazone distincte, savoir l'une fusible à 193° pour le benzoylméthylcarbinol [cétol (I)], l'autre fusible à 181-182° pour l'acétylphénylcarbinol [cétol (II)].

1° *Action de la soude hydroalcoolique aqueuse sur les deux cétones chlorées.* — On fait agir, à la température ordinaire, ou vers 60°, une solution normale de soude dans l'alcool à 50 % sur la cétone chlorée en solution alcoolique; il y a formation de ClNa, qui se dépose, mais, tandis que, dans le cas de C^6H^5—CHCl—CO—CH^3, la réaction est rapide et totale en 15 minutes, elle est lente dans le cas de C^6H^5—CO—CHCl—CH^3, si bien qu'après 4 heures à 60°, le rendement n'est que de 40 %. Après séparation de ClNa, on distille l'alcool et l'on soumet le résidu à une rectification dans le vide. On obtient ainsi deux fractions, l'une constituée par le phényl-1 propanedione-1.2, $C^9H^8O^2$, E_{12} 101-102°, n_D^{16} 1,5362; semicarbazone F 229°; l'autre E_{12} 121-126°, qui est constituée par un mélange de benzoylméthylcarbinol (I) et d'acétylphénylcarbinol (II), est agitée avec du bisulfite de Na, et l'on obtient, d'une part, une combinaison bisulfitique cristallisée dont on régénère l'acétylphénylcarbinol pur (E_{12} 122-123°; n_D^{19} 1,5235 semicarbazone F 181-182°) et, de l'autre, un liquide qu'on rectifie (Eb_{12} 128-122°) et qui donne une semicarbazone F 193°.

La formation de ces deux cétols isomères peut s'expliquer en admettant que, sous l'influence de l'alcali, les deux chlorocétones réagissent sous une forme énolique



On ne saurait en effet invoquer un remplacement pur et simple de l'halogène par un hydroxyle, conduisant dans le premier cas à C^6H^5—CHOH—CO—CH^3 et dans le second à C^6H^5—CO—CHOH—CH^3, chacun de ces cétols se transformant ultérieurement en un mélange des deux. En effet, sous l'influence d'une solution diluée de soude, j'ai observé comme Favorsky que ni le benzoylméthylcarbinol ni l'acétylphénylcarbinol ne subissent d'isomérisation.

2° *Dérivés de l'acétylphénylcarbinol. a. Semicarbazone.* — On chauffe au bain-marie pendant trois heures au réfrigérant ascendant, la combinaison bisulfitique ci-dessus avec une solution hydroalcoolique de ClH de semicarbazide. Il se dépose un produit solide qu'on filtre et qu'on fait cristalliser dans l'alcool (F 181-182°).

b. Ester benzoïque. — On fait agir au bain-marie le chlorure de benzoyle (1 mol.) sur la combinaison bisulfitique du phénylacétylcarbinol (1 mol.). On obtient ainsi l'ester benzoïque que l'on fait cristalliser dans l'alcool (F 108-109°). Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Favorsky (*loc. cit.*, p. 268), qui attribue à ce benzoate le point de fusion 51,5-52°, sans doute parce que le cétol qu'on en régénère par chauffage avec H^2O et CO^3Ba,

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série **2**, 1935, pp. 253 à 272.

fournit une semicarbazone F 190°, que cet auteur considère à tort comme celle de l'acétylphénylcarbinol, alors que c'est celle du benzoylméthylcarbinol (F 193°). De plus, Favorsky constate que par traitement par le chlorure de benzoyle chacun des cétols conduit à un mélange des esters benzoïques des deux cétols isomères. Or notre mode opératoire nous a conduit pour l'acétylphénylcarbinol à un seul benzoylé (F 169°). Il s'ensuit que le benzoylé F 51,5-52° de Favorsky correspond au benzoylméthylcarbinol, comme le prouve sa saponification rapportée ci-dessus.

c. Ester chlorhydrique (*chloro-1 phényl-1 propanone-2*). — Dans un ballon surmonté d'un réfrigérant ascendant, on fait agir à la température du bain-marie bouillant, sur la combinaison bisulfitique, la quantité théorique de chlorure de thionyle en solution dans le tétrachlorure de carbone. Après réaction, on ajoute de l'eau, on décante et lave la solution tétrachlorurée à plusieurs reprises avec de l'eau. On distille le solvant et le résidu obtenu est rectifié. On obtient ainsi un liquide qui possède les constantes de la chloro-1 phényl-1 propanone-2. Cette chlorocétone a été identifiée par condensation avec le benzène en présence de chlorure d'aluminium, ce qui conduit à la diphényl-1.1 propanone-2 $(C^6H^5)^2CH-CO-CH^3$ (E_{12} 110-111°; n_D^{16} 1,53609) dont la semicarbazone déjà connue fond à 166°.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Microcristallisation de fractions protidiques variées.* Note de Mme N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa.

Depuis plusieurs années, nous travaillons sur des extraits organiques provenant de tumeurs spontanées de souris, ou bien de différents tissus d'origine animale variée. En préparant ces extraits, nous avons parfois observé une formation plus ou moins abondante de dépôts cristallins due en premier lieu à la présence de sels dans ces extraits et peut-être également aux combinaisons de ces sels avec des substances organiques. L'étude au microscope de ces dépôts a été complétée par observation directe de cristallisation dans des gouttes s'évaporant sur lame. Cette simple méthode nous a permis d'assister parfois à des spectacles d'une beauté extraordinaire, et l'on a pu photographier par la suite un certain nombre de figures restées sur les lames après dessèchement complet des gouttes.

Les sels inorganiques et leurs composés jouent sûrement un certain rôle dans la formation de ces dépôts et ils contribuent beaucoup à la diversification des images que l'on observe au microscope. Vérifié isolément et à plusieurs reprises, le chlorure de sodium à lui seul nous a donné, dans une goutte en dessiccation, des formes également beaucoup plus variées qu'il n'est généralement admis. Mais le rôle des substances organiques ne doit pas être sous-estimé non plus : ces substances sont capables de donner des figures caractéristiques dont nous présentons ici quelques-unes en microphotographies. Voici quelques détails concernant ces microphotographies :

Sont représentés de gauche à droite, *sur la figure* 1 : A. Produit F II β7, c'est un extrait alcoolique (à 90°) de la poudre non délipoïdée de foie des animaux de boucherie, fraction précipitée par alcoolinisation jusqu'à 99°. On voit à gauche et en bas de la microphotographie

le bord de la goutte faiblement contouré. La partie périphérique du champ est occupée par une espèce de feuilles découpées et formées par de petits corpuscules ronds. La partie centrale présente une accumulation de corpuscules plus gros qui semblent s'insinuer entre les feuilles du bord. B. FV δ, extrait aqueux de foie d'un chien sacrifié, fraction précipitée

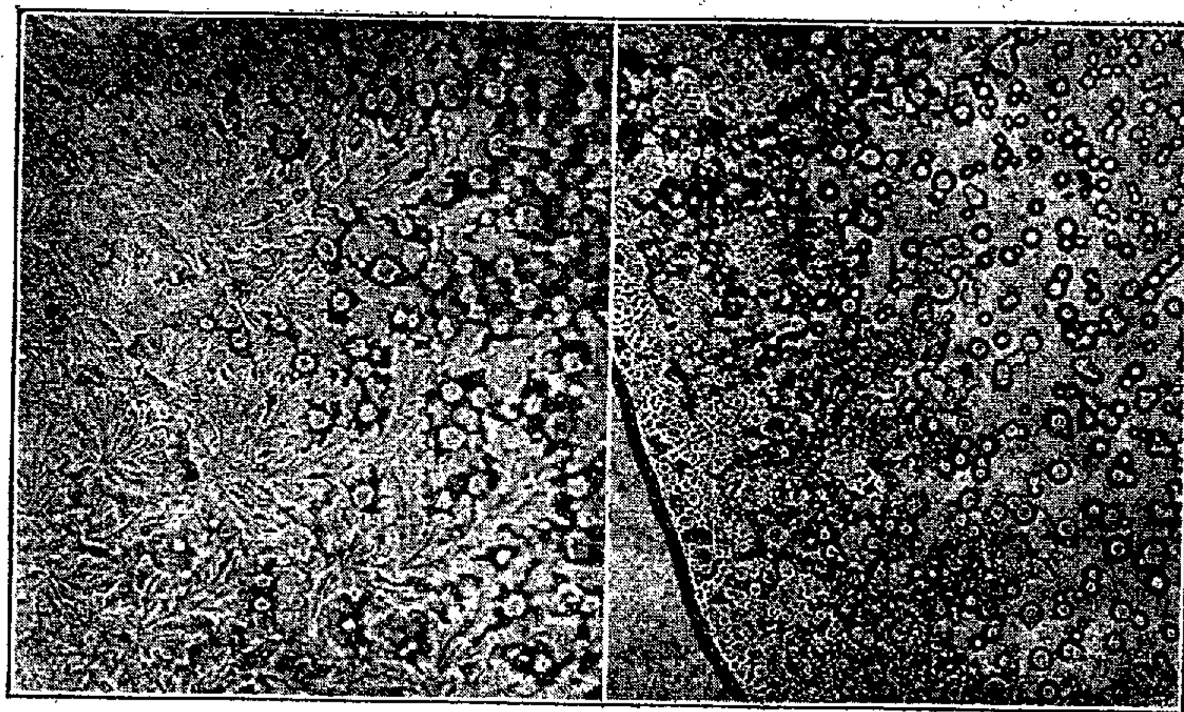


Fig. 1. — Microphotographies de gouttes desséchées de fractions hépatiques. A (à gauche), fraction précipitée par l'alc. à 99°; B (à droite), par l'alc. à 95°.

par alcoolinisation à 95°. Goutte à bord bien contouré (à gauche et en bas), accumulation de petits corpuscules ronds à sa périphérie et des corpuscules plus gros, souvent bourgeonnants dans la partie centrale. *Sur la figure* 2 : C. F II β 8, extrait alcoolique (à 90°)

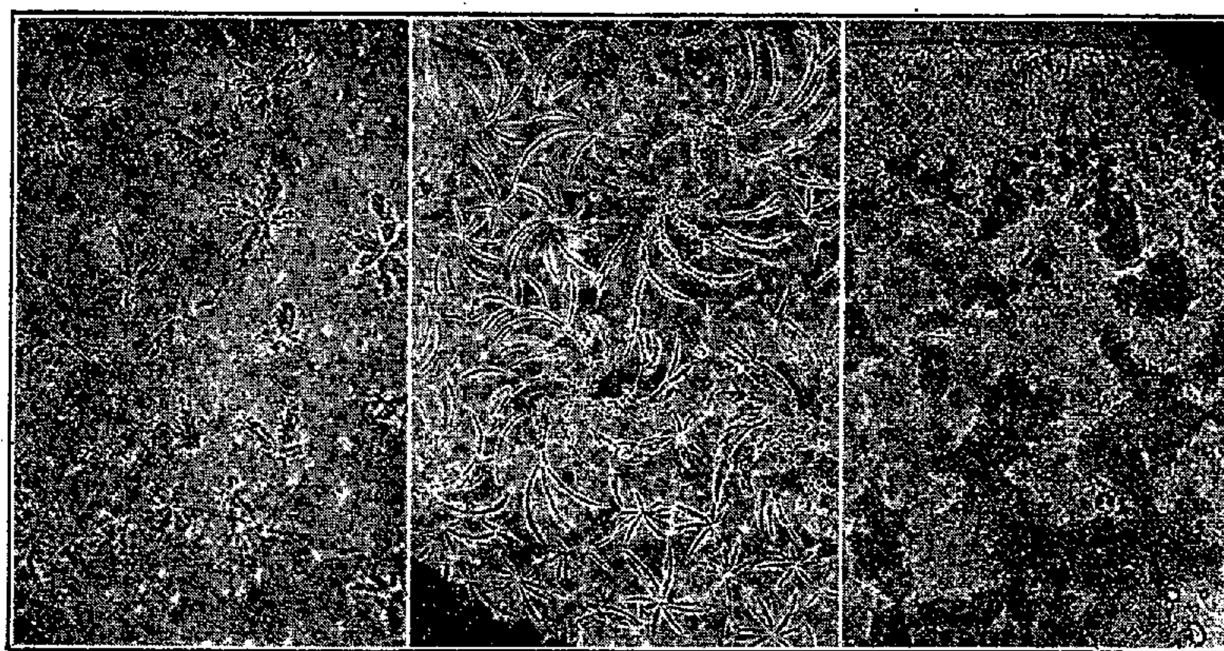


Fig. 2. — Microphotographies des résidus après alcoolinisation à 99° : C (à gauche), extraction alcoolique de tissu hépatique; D (au milieu), extraction aqueuse du foie; E (à droite), extrait tumoral.

de la poudre non délipoïdée de foies d'animaux de boucherie, résidu après élimination du précipité par alcool à 99°. On voit sur la microphotographie un champ parsemé de formations complexes rappelant des feuilles de marronnier. D. F IV η 3, extrait aqueux de la même poudre que dans le cas précédent, fraction résiduelle après élimination du précipité par alcoolinisation à 99°, partie soluble dans l'alcool absolu. Le champ est occupé par des figures étoilées, formées de petits globules ronds, ressemblance éloignée avec des feuilles de marronnier de la figure précédente. E. TG η 3, extrait aqueux de tissu tumoral,

résidu après élimination du précipité par alcool à 99°, partie soluble dans l'alcool absolu. On voit, en haut de la microphotographie, un bord bien délimité et formé par accumulation de petites particules arrondies ou allongées. Le reste du champ donne l'impression d'une étoffe moirée, due à la disposition particulière discontinue de mêmes particules qu'au bord.

Les figures relatées plus haut se répètent en général sur toutes les gouttes desséchées, faites avec la même solution et dans les mêmes conditions; la variation dépend de l'ampleur des gouttes, de l'épaisseur de la couche qui s'évapore et peut-être de certaines conditions atmosphériques, mais elle n'est le plus souvent que quantitative. La différence entre les fractions analogues de même tissu, mais appartenant aux extractions différentes, est plus marquée, quoique qualitativement on y trouve quand même des traits de ressemblance : figures étoilées découpées pour des fractions résiduelles de foie, corpuscules arrondis et leur disposition pour des fractions précipitées par des alcools concentrés. Mais cette différence devient tout à fait évidente, quand on compare les deux dernières fractions (*fig.* 1) d'une part, avec celles restées en résidu après alcoolinisation à 99° (*fig.* 2) de l'autre. C'est justement cette différence entre les fractions qui peut être utile pour l'étude des produits protidiques, surtout au cours de leur préparation.

L'origine de l'extrait présente également une grande importance qui est illustrée par la différence qui se montre entre la microphotographie E (extrait tumoral) et les autres microphotographies (extraits hépatiques) de la figure 2.

En définitive, des phénomènes curieux de figuration, se rapprochant de la cristallisation, ont été observés au microscope sur des gouttes desséchées de différents produits protidiques. Leur sens précis nous échappe, mais probablement ces phénomènes dépendent, en partie du moins, de combinaisons différentes des acides aminés (corpuscules arrondis variés). L'étude par la même méthode des ingrédients protidiques à structure connue pourrait peut-être élucider cette question ([1]).

GÉOLOGIE. — *Découverte de* Nummulites planulatus *Lmk. dans les Sables de Sinceny (Aisne)*. Note de MM. **René Abrard** et **Robert Soyer**.

Les Sables de Sinceny, sur lesquels G. F. Dollfus a attiré l'attention ([1]), et qui, renfermant presque toutes les espèces saumâtres et fluvio-marines du Sparnacien, ont été placés par lui au sommet de cette formation malgré les quelques Mollusques des Sables de Cuise que l'on y rencontre, ont été considérés par M. Leriche comme une dépendance de l'Yprésien ([2]); cet

([1]) Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'*International Cancer Research Foundation* dirigée par M. William H. Donner, D. Sc.

([1]) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 5, 1877, pp. 5-41.

([2]) *Bull. Soc. Géol. France*, 4, 1904, p. 816.

auteur voit dans leur faune le résultat de l'irruption de la mer en transgression, dans les lagunes sparnaciennes; G. F. Dollfus, qui avait fait remarquer l'absence de *Nummulites planulatus* Lmk., ne s'est pas opposé à cette interprétation ([3]), qui est loin d'avoir été admise par tous les auteurs; É. Haug notamment a maintenu les Sables de Sinceny dans le Sparnacien.

Le gisement classique a disparu, mais on peut actuellement observer les sables à galets sur environ 2^m d'épaisseur dans une exploitation étendue située à quelques centaines de mètres à l'ouest de la localité. On y trouve la faune si particulière de cet horizon, et nous y avons, de plus, receuilli une vingtaine d'individus de *Nummulites planulatus* Lmk.; ceux-ci ne se rencontrent pas dans la masse du sable, mais seulement dans le remplissage des coquilles d'une Ampulline voisine de *A. semipatula* Desh., où ils ont pu échapper à la dissolution; c'est un mode de conservation tout à fait analogue à celui de *N. Bezançoni*, qui, à Jeurre, n'a subsisté qu'à l'intérieur des coquilles d'*Ampullina crassatina*.

Les Nummulites de Sinceny semblent appartenir à une petite race; les formes A, fortement biconvexes à filets radiés, ne dépassent guère 2^{mm} de diamètre; les formes B, qui atteignent 4^{mm}, ont des filets onduleux qui ont tendance à devenir tourbillonnants, mais la coquille reste trop petite pour leur permettre d'atteindre le stade méandriforme.

La découverte de *N. planulatus* dans les Sables de Sinceny permet de clore les longues discussions auxquelles leur position stratigraphique a donné lieu, en confirmant leur rattachement aux Sables de Cuise; elle est une preuve de plus que, chaque fois qu'une formation incluse dans l'ensemble de faciès continentaux et saumâtres qui constituent le Sparnacien peut passer dans un étage marin, c'est au Cuisien qu'elle doit être rattachée.

Dans leur *Nomenclature des terrains sédimentaires*, Munier-Chalmas et de Lapparent indiquent que *N. planulatus* se trouve dans tous les horizons des Sables de Cuise; elle n'a pas été rencontrée dans le *niveau* d'Aizy, mais sa présence à Sinceny montre qu'effectivement elle est bien arrivée dans le bassin de Paris dès le début de la transgression yprésienne.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la cytologie de* Proactinomyces rubropertinctus *(Hefferan) Bergey*. Note de Mlle **Berthe Delaporte**, présentée par M. Marin Molliard.

Les *Proactinomyces* forment un genre de Bactéries, de l'ordre des Actinomycétales, distinct du genre *Actinomyces* en ce que la forme en mycélium, lorsqu'elle existe, ne se trouve qu'au premier stade du développement de la

([3]) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 34, 1905, p. 375.

culture et ne comporte pas de ramifications. On n'observe, le plus souvent, que des bâtonnets plus ou moins courts.

Nous avons isolé du sol une souche de *Proactinomyces rubropertinctus* (Hefferan) Bergey qui se présente, dans les culture sur gélose, sous forme d'une couche écailleuse ou farineuse, très mate, dont la couleur, saumon pâle au début de la culture, devient d'un rose saumon intense, puis finalement rouge brique. Sur bouillon, il forme en surface une pellicule farineuse, mate, qui tombe au fond par fragments et se reforme constamment à la surface tandis que le bouillon reste clair. Les cultures sont formées de cellules en bâtonnets ayant 0,5 à $0^{\mu},7$ de large sur 2,0 à $3^{\mu},6$ de long, parmi lesquelles se trouve un petit nombre de cellules présentant des renflements et de rares cellules allongées rappelant un mycélium rudimentaire (*fig.* 1). Les cellules ayant des renflements ont, en général, dans les parties non renflées, $0^{\mu},6$ de large et leur longueur varie entre 2 et 10^{μ}. Dans les vieilles cultures (2 mois), les bâtonnets sont plus courts, ils ont fréquemment 0,8 à 1^{μ}, quelquefois $1^{\mu},3$ de long et leur largeur est de $0^{\mu},6$.

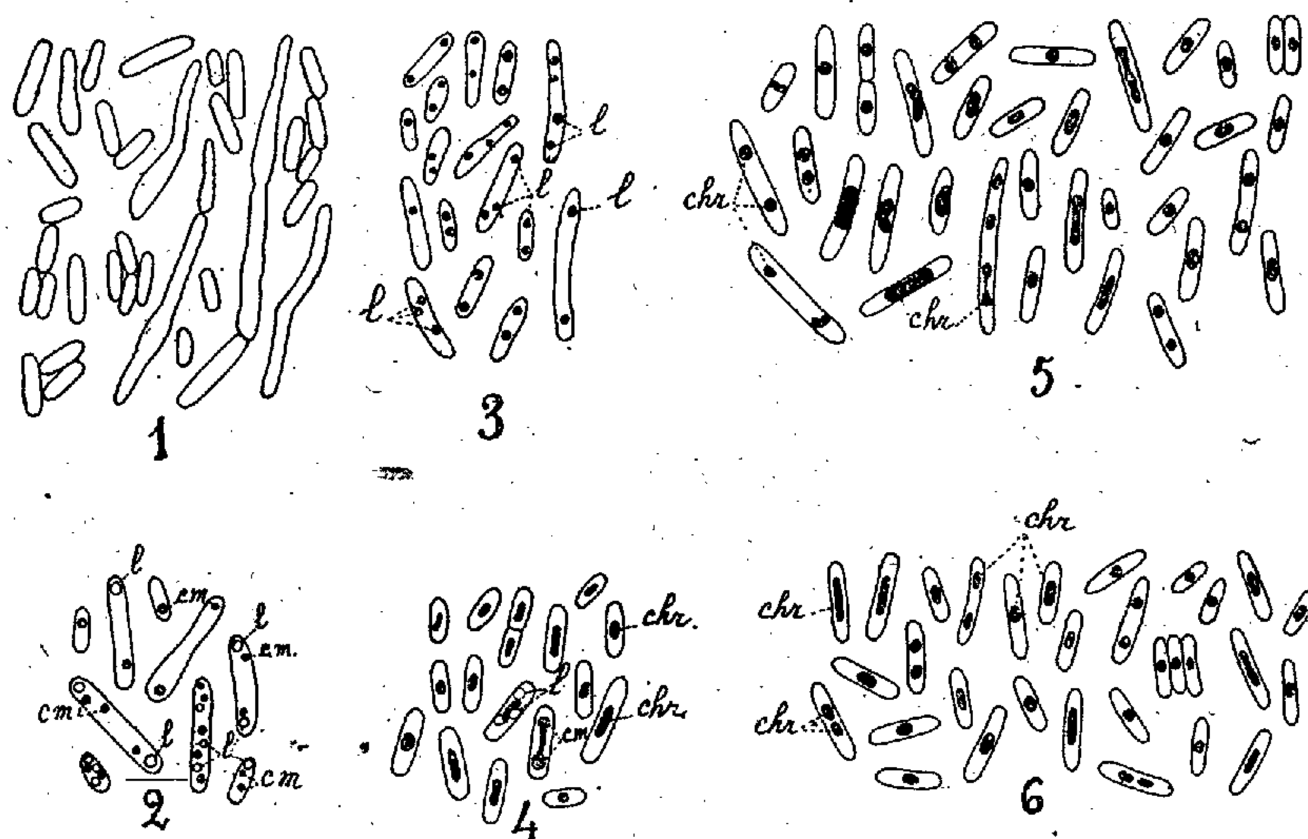
La structure des *Actinomyces* a été très peu étudiée. Petit et Grigoraki, à la suite de leurs recherches, concluent que la thalle des *Actinomyces* consiste en un vrai mycélium cloisonné comme celui des Champignons et contient des granules chromatiques qu'ils interprètent soit comme des noyaux, soit comme des corpuscules métachromatiques. Mais les *Proactinomyces* n'ont pas encore fait l'objet d'une étude cytologique. Nous avons entrepris cette étude pour rechercher si la structure des cellules se rapprochait de celle des Eubactéries ou bien de celle des Champignons.

Les cellules jeunes renferment des corpuscules métachromatiques au nombre de 1 à 3, parfois 5, situés en un point quelconque de la cellule, qui se colorent en violet rougeâtre très foncé par le bleu de crésyle ou le bleu de méthylène, et qui sont, comme on le sait, des vacuoles contenant de la métachromine à l'état très condensé (*fig.* 2). Les cellules contiennent aussi de 1 à 5 globules lipidiques facilement colorables par le Soudan III ou le noir Soudan (*fig.* 3). Nous n'avons pas observé la présence de glycogène.

Lors des colorations vitales, ou plutôt subléthales, par le bleu de crésyle ou le bleu de méthylène, on peut distinguer, dans certaines cellules, la présence d'un petit élément en forme de granule ou de filament court (*fig.* 4) qui prend une teinte bleu violacé analogue à celle que prend le filament axial des Eubactéries dans ces conditions, mais cet élément est assez difficile à voir nettement à cause de la faible largeur des cellules.

Nous avons fait des frottis, que nous avons fixés par le Lenhossék, le Perenyi ou le chloroforme et que nous avons colorés ensuite, soit par l'hématoxidine ferrique, soit par la méthode de Feulgen. Nous avons alors distingué avec une remarquable netteté, dans toutes les cellules, un granule situé au centre de la cellule, et souvent presque aussi large que celle-ci. Ce granule a une forme

arrondie ou ovoïde, ou, parfois, celle d'un bâtonnet allongé, aspect que l'on doit vraisemblablement rapporter à un stade de la division, car on peut observer aussi la présence de deux granules plus ou moins rapprochés, et l'on distingue même quelquefois une cloison centrale dans un bâtonnet contenant deux granules : il s'agit certainement alors d'un bâtonnet qui vient de se



chr., élément chromatique; *c. m.*, corpuscule monochromatique; *l.*, globule lipidique.

diviser. Ces granules et bâtonnets apparaissent, lors de la coloration par l'hématoxyline ferrique, en noir franc dans le corps bactérien coloré en rose par l'érythrosine (*fig.* 5) et, par la réaction nucléale de Feulgen, ils sont d'un rouge violet très intense dans le corps bactérien coloré en vert par le vert lumière (*fig.* 6). Dans les vieilles cultures (2 mois 1/2), on n'observe pas de forme de division, mais exclusivement un granule ovoïde au centre de chaque cellule, ce qui semble bien corroborer l'interprétation des formes en bâtonnets et en granules jumelés comme des stades de la division. Cet élément sidérophile, qui donne une réaction nucléale de Feulgen positive, correspond à l'élément que nous avons observé dans d'autres groupes de bactéries [1], qui présente les mêmes caractères de coloration et que nous avons interprété comme l'élément nucléaire de ces cellules. Dans toutes les cellules bacilliformes des Eubactéries, des Sulfobactéries et des Ferrobactéries, nous avons vu que cet élément offre l'aspect d'un filament situé dans l'axe de la cellule, suivant toute sa longueur, et qui peut être fragmenté en plusieurs granules lorsque les substances de réserve ou autres inclusions (lipides, glycogène, corpuscules métachromatiques, granules de soufre) sont abondantes. Chez ce *Proactinomyces* par contre, cet élément se présente uniquement sous la forme plus ou moins sphérique, rappelant celle d'un noyau rudimentaire dont la division

---

[1] *Rev. génér. de Bot.*, 51, 1939, p. 615; 52, 1940, p. 40.

aurait lieu par un simple étirement. Ceci conduirait donc à penser que la structure nucléaire du *Proactinomyces rubropertinctus* est un peu différente de celle des espèces appartenant à d'autres ordres de Bactéries, telles que les Eubactériales, les Thiobactériales et les Ferrobactériales, et tendrait à se rapprocher de celle des Champignons.

En résumé, nous observons chez *Proactinomyces rubropertinctus* (Hefferan) Bergey une structure voisine de celle des Eubactéries : corpuscules métachromatiques et globules lipidiques, mais l'élément, auquel nous avons attribué le rôle de noyau pour ces cellules, a la forme d'un granule central qui se divise par simple étirement et non celle du filament axial que l'on trouve habituellement chez les Bactéries.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le métabolisme des protides chez un végétal cultivé à des intensités lumineuses différentes.* Note de MM. **Raoul Combes**, **Arthur Brunel** et M[lle] **Andrée Chabert**, présentée par M. Marin Molliard.

Au cours de recherches entreprises en vue d'étudier l'action des facteurs du milieu sur le métabolisme végétal, on a montré, en expérimentant sur une espèce amphibie, le *Veronica Anagallis*, que l'activité physiologique d'une même sorte de substance vivante peut construire des matières végétales de structure chimique profondément différente suivant qu'elle a lieu soit à des éclairements plus ou moins intenses, soit comparativement en immersion dans l'eau ou dans le milieu aérien [R. Combes et M[lle] M.-T. Gertrude (1)]. Parmi les différences constatées, celles qui présentent l'amplitude la plus étendue concernent l'accumulation des protides solubles. Comparés aux tissus formés dans l'air à l'éclairement solaire direct, ceux qui se développent dans l'air à une lumière très atténuée contiennent trois fois plus de protides solubles et ceux qui se construisent sous l'eau peuvent en accumuler dix fois plus.

Nous avons recherché quelles sont, parmi les diverses formes de protides de faible grandeur moléculaire, celles qui se trouvent accumulées en si grande abondance chez les individus croissant sous des éclairements faibles. Dans ce but, de nouvelles cultures de *Veronica Anagallis* ont été entreprises à partir de graines appartenant à la même lignée que celles utilisées dans les recherches précédentes. Le semis a été fait le 15 avril; les éclairements employés étaient 1/6, 1/2, 3/4 et 1, l'éclairement solaire direct étant pris pour unité. Des récoltes furent faites périodiquement. Sur les plantes prélevées, immédiatement desséchées à froid dans le vide en présence de chlorure de calcium, puis réduites en poudre fine, les substances azotées solubles furent séparées par l'acide trichloracétique à 10 %, et tout d'abord dosées en bloc par la méthode de Kjeldahl modifiée par Jodlbauer. D'autre part le dosage de l'azote ammoniacal a été fait par déplacement de l'ammoniaque au moyen du carbonate de lithium, celui de l'azote

nitrique en transformant les nitrates en ammoniaque par l'alliage de Dewarda, celui de l'azote amidé par hydrolyse des amides en présence de l'acide sulfurique. Le dosage des acides aminés n'ayant décelé que d'infimes quantités de ces corps, il n'a pas été tenu compte des résultats obtenus.

Les quantités trouvées aux divers stades du développement sont réunies dans le tableau ci-dessous; elles sont exprimées en grammes et rapportées à 100^g de substance végétale sèche.

Dates des récoltes.	Intensités lumineuses.	Azote protéique.	Azote soluble.	Azote nitrique.	Azote ammoniacal.	Azote amidé.
29 juin (avant floraison).	1/2	3,09	0,56	0,340	0,030	0,020
	3/4	2,74	0,46	0,143	0,026	0,100
	1	2,70	0,29	0,005	0,011	0,210
8 juillet (floraison).	1/6	4,12	1,43	0,931	0,018	0,067
	1/2	2,45	0,33	0	0,010	0,008
	3/4	1,45	0,19	0	0,010	0,028
	1	1,08	0,23	0	0,007	0,072
21 juillet (jeunes fruits).	1/6	2,51	0,63	0,532	0,002	0,030
	1/2	1,71	0,20	0	0,005	0,006
	3/4	0,99	0,19	0	0,005	0,008
	1	1,08	0,17	0	0,005	0,007
29 juillet (fruits mûrs).	1/2	0,99	0,09	0	0,002	0,012
	3/4	0,98	0,09	0	0	0,010
	1	0,85	0,08	0	0	0

A l'éclairement 1/6 les plantes ne prirent qu'un très faible développement et ne formèrent qu'un petit nombre de fleurs; deux récoltes seulement purent être faites sur ce lot à deux stades successifs.

Nous retrouvons, dans ces nouvelles cultures, les faits précédemment constatés : à tous les stades de la végétation, teneurs des tissus en protéides et en substances azotées solubles d'autant plus grandes que les plantes ont vécu à un éclairement plus faible; les taux se montrent élevés chez les individus jeunes et diminuent au cours du développement jusqu'à la fin de la végétation; en particulier les substances azotées solubles ne sont abondantes que jusqu'au stade de la fructification; elles tombent ensuite à un taux très bas.

Les faits nouveaux qui apparaissent à l'examen de ce tableau sont les suivants :

1° Au moment où elles sont le plus abondantes, avant la floraison, les matières azotées solubles susceptibles de migration sont représentées par des substances différentes chez les individus développés sous les divers éclairements. En lumière atténuée (1/2), ce sont surtout des nitrates qui les constituent; en lumière solaire directe (1), ce sont des amides; en lumière moyenne (3/4), c'est un mélange de nitrates et d'amides.

2° Les plantes les plus riches en nitrates sont celles qui croissent aux éclairements les plus faibles; le taux diminue rapidement à mesure que l'intensité d'éclairement augmente.

3° Chez les individus soumis aux intensités lumineuses 1/2, 3/4 et 1, les nitrates n'existent qu'au début de la végétation; ils disparaissent complètement dès la floraison. Seules les plantes cultivées en lumière très atténuée (1/6), qui ne parviennent à former que peu de fleurs, conservent leurs nitrates pendant une plus longue période.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mise au point de l'œil en vision nocturne*. Note de M. **Yves Le Grand**, transmise par M. Charles Fabry.

L'étude théorique des effets de diffraction joints à l'aberration chromatique a permis à Charles Lapicque [1] de démontrer que la meilleure mise au point de l'œil a lieu sur une longueur d'onde Λ voisine de 580 mμ. Nous avons repris ce calcul en substituant à la courbe de visibilité diurne celle qui caractérise l'adaptation aux faibles brillances et qui a été déterminée notamment par Weaver [2]. En suivant la méthode graphique de C. Lapicque, on obtient $\Lambda = 520$ mμ environ, ce qui représente une différence de convergence de 0,5 dioptrie avec la vision diurne.

Le même résultat peut s'obtenir plus aisément comme suit : C. Lapicque a montré que seules les longueurs d'onde voisines de λ (valeur mesurée dans l'air correspondant à une parfaite mise au point) apportent une énergie appréciable au centre de la tache de diffraction. En ce centre, l'éclairement énergétique dû à la radiation λ est en raison inverse de la surface de la tache, donc proportionnel à n^2/λ^2, si n désigne l'indice du corps vitré. Par conséquent, si nous isolons de part et d'autre de λ une bande spectrale de largeur $\delta\lambda$, l'éclairement visuel au centre sera de la forme $\mathrm{EV}\,\delta\lambda\, n^2/\lambda^2$, en désignant par E l'énergie rayonnée dans un intervalle unité de longueur d'onde et par V le facteur de visibilité relative de la radiation λ. La valeur de $\delta\lambda$ est limitée par le fait que la variation correspondante de distance focale δf ne doit pas dépasser une certaine fraction k de la longueur d'onde dans le milieu image; donc au maximum $\delta f = k\lambda/n$, ou encore $\delta\lambda = [k\lambda/n](df/d\lambda)$. En tenant compte de cette limite de $\delta\lambda$, on voit que l'éclairement rétinien au centre de la tache de diffraction sera proportionnel à $[\mathrm{EV}\,n/\lambda](df/d\lambda)$. La longueur d'onde Λ de mise au point la plus avantageuse sera celle qui rend maximum cette quantité. En faisant E constant (spectre d'égale énergie), en donnant à V les valeurs de Weaver et en prenant pour n et $df/d\lambda$ les mesures de Polack utilisées par C. Lapicque, on trouve que le maximum a lieu pour $\Lambda = 518$ mμ.

Ce résultat suppose comme seul défaut optique de l'œil l'aberration chromatique et néglige l'aberration sphérique. On a le droit de le faire en vision diurne, parce que l'ouverture pupillaire reste faible et que l'effet des rayons marginaux

(1) *Thèse*, Paris, 1938.

(2) *J. of Opt. Soc.*, 27, 1937, p. 36

est réduit par le phénomène de Stiles-Crawford (moindre efficacité des rayons atteignant obliquement la rétine). Mais ce phénomène s'atténue en vision nocturne et l'aberration sphérique ne peut plus être négligée. Les données expérimentales que l'on possède à son sujet (3) révèlent d'importants écarts individuels et ne permettent guère de calcul théorique. Aussi nous placerons-nous dans le cas schématique de *l'œil réduit* (dioptre sphérique).

Considérons un élément rétinien circulaire de diamètre D centré sur l'axe de l'œil. Nous supposerons que cet élément constitue une unité sensorielle intégrant tout le flux lumineux qui l'atteint et que ses dimensions sont suffisantes pour permettre le calcul de ce flux par l'optique géométrique. Cette hypothèse, inexacte en vision diurne, devient vraisemblable en vision nocturne, parce qu'un certain nombre de bâtonnets voisins, trois au minimum, sont réunis à une même fibre du nerf optique. D'après Osterberg (4), dans la région parafovéale, qui est la plus sensible, il y aurait 150000 bâtonnets par millimètre carré et par suite le diamètre de l'unité sensorielle serait au moins de 5^{μ}.

Soit n l'indice de l'œil pour la longueur d'onde Λ qui est exactement au point pour les rayons centraux. Avec une longueur d'onde plus courte ($dn > 0$), les rayons centraux convergent trop, et les marginaux encore plus; les rayons efficaces qui atteindront l'élément feront avec le dioptre un angle d'incidence inférieur à une certaine valeur dont nous désignerons le sinus par x. Un calcul simple montre qu'en prenant le rayon du dioptre comme unité de longueur, x est racine de l'équation

$$(n-1)x^3 + 2n\,dn\,x - Dn^2(n-1) = 0.$$

Si $dn < 0$, il se peut que les rayons centraux soient efficaces jusqu'à une incidence x_1, et que les rayons marginaux le soient pour les incidences comprises entre x_2 et x_3; x_3 est racine de l'équation ci-dessus, tandis que x_1 et x_2 le sont de l'équation qui en dérive en changeant le signe devant D. Le flux d'énergie utile sera proportionnel à $x_1^2 - x_2^2 + x_3^2$. Pour une certaine valeur de dn, ce flux passera par un maximum, ce qui a lieu sensiblement quand $x_1 = x_2$, et la condition de racine double conduit à la relation

$$\frac{2n\,dn}{3(n-1)} = -\left(\frac{Dn^2}{2}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

En prenant $n = 1{,}34$ et $D = 0{,}001$ (diamètre sensoriel de 5^{μ} et dioptre de rayon 5^{mm}), on en déduit $dn = -0{,}0035$. Cela signifie que l'indice correspondant à la longueur d'onde Λ de mise au point sera supérieur d'au moins 0,0035 à celui de la longueur d'onde λ produisant le flux d'énergie maximum sur l'élément rétinien. Ce flux aura sa plus grande efficacité visuelle si λ coïncide avec le maximum du facteur de visibilité relative en vision nocturne, soit $514^{\text{m}\mu}$.

(3) Voir surtout Van Heel, *The Dioptric Review*, 37, 1935, p. 496.
(4) *Act. Ophthalm.*, 6, 1935, p. 102.

D'après la dispersion du corps vitré, cela conduit à prendre $\Lambda \leq 450^{m\mu}$. L'écart de convergence avec la vision diurne ($\Lambda = 580^{m\mu}$) est cette fois de l'ordre de 1,5 dioptrie.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Un supplément de vitamine C peut-il avoir une action sur la respiration de la cellule vivante?* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les qualités chimiques de la vitamine C permettent de concevoir qu'elle puisse intervenir dans le jeu des oxydations intracellulaires; cependant les recherches qui ont essayé de faire apparaître la preuve de l'intervention de la vitamine C dans la respiration des tissus ont apporté des résultats contradictoires. Si la vitamine C joue un rôle dans les oxydo-réductions, la pénétration de faibles doses d'acide ascorbique dans une cellule vivante doit pouvoir modifier le rythme de ses oxydations. La technique utilisée pour nos recherches est semblable à celle qui a été employée pour mettre en évidence l'action de la vitamine B_2 (1). Ici, cependant, une précaution supplémentaire était nécessaire, à cause de l'instabilité des solutions d'acide ascorbique. Dans chacune des expériences réalisées, la solution d'acide ascorbique utilisée est fabriquée au moment même de son utilisation.

La cellule animale vivante choisie pour ces recherches est la cellule de la glande salivaire de la larve de Chironome. Dans chaque expérience, l'une des glandes de l'organisme étudié est placée dans une goutte de liquide Ringer et, au même moment, l'autre glande est placée dans une goutte de liquide Ringer contenant 1/5000 d'acide ascorbique. Après un séjour de 10 minutes, on ajoute à chacune de ces deux solutions la même quantité d'un même leucodérivé. L'oxydation plus ou moins rapide du leucodérivé qui a pénétré dans les cellules, placées sous lamelles, permet d'apprécier le pouvoir d'oxydation de chacune des deux glandes. Les réactifs les plus divers ont été utilisés; leucodérivés des substances suivantes : bleu de méthylène, bleu de crésyl, bleu de Nil, phénosafranine, rouge neutre, vert de méthyle et vert Janus. Dans chacune des expériences réalisées, le pouvoir d'oxydation des cellules traitées par l'acide ascorbique s'est révélé égal à celui des cellules non traitées.

On sait que les solutions peu concentrées d'acide ascorbique ont une faible stabilité. La présence du liquide de Ringer peut encore augmenter cette instabilité. Nous avons refait les expériences précédentes avec la même technique et les mêmes leucodérivés, mais en remplaçant le liquide de Ringer par de l'eau. Pour chaque expérience, la durée du séjour de chacune des deux glandes

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 25.

d'un même individu, l'une dans l'eau, l'autre dans la solution aqueuse d'acide ascorbique à 1/5000, est seulement de 7 minutes. Avec ces nouvelles conditions, dans quelques expériences, on constate une faible augmentation du rythme des oxydations pour les cellules ayant absorbé de l'acide ascorbique. La faible augmentation du pouvoir oxydant intracellulaire ainsi constatée ne dépend pas du leucodérivé utilisé, mais de l'organisme traité.

Les expériences sur les cellules végétales ont porté sur des types cellulaires divers. Les conditions expérimentales sont semblables à celles que nous venons de décrire. Un fragment microscopique de tissu, prélevé sur le végétal vivant, est divisé en deux parties égales. L'une de ces parties est placée dans une goutte d'eau, l'autre dans une goutte de solution aqueuse à 1/5000 d'acide ascorbique. Après un séjour de 10 à 15 minutes, variable suivant les expériences, la même quantité du même leucodérivé est ajoutée à chacune des deux préparations, afin d'étudier le pouvoir oxydant intracellulaire. Les tissus suivants ont été examinés : épiderme de la feuille de Poireau, avec l'un ou l'autre des quatre leucodérivés des substances suivantes : phénosafranine, rouge neutre, bleu de crésyl, bleu de Nil ; les parois de l'anthère et l'épiderme du filet de l'étamine, dans les fleurs jeunes de Linaire, avec le leucodérivé du bleu de crésyl et avec le leucodérivé de la phénosafranine; les mêmes leucodérivés ont été utilisés pour l'étude de fragments de jeunes ovules et de l'épiderme du filet de l'étamine de la Rose trémière, des épidermes du pédoncule floral et du filet de l'étamine chez le Glaïeul. L'épiderme de la bordure du stigmate et celui du filet de l'étamine de jeunes fleurs de Lis ont été étudiés avec les trois leucodérivés des substances suivantes : bleu de Nil, bleu de crésyl et phénosafranine.

Les résultats obtenus sont les suivants : en dehors du cas de l'épiderme du pédoncule floral du Glaïeul, dont les cellules manifestent, après absorption d'acide ascorbique, un pouvoir oxydant légèrement plus élevé (augmentation du pouvoir oxydant qui se traduit par leur action sur le leucodérivé du bleu de crésyl), dans tous les autres cas, les résultats obtenus sont négatifs. La présence d'un supplément d'acide ascorbique dans la cellule ne modifie pas le rythme de sa respiration.

Conclusions. — Contrairement à ce que nous avons constaté dans les recherches sur la vitamine B_2, où la cellule vivante, dans des conditions qui ont été précisées [2], pouvait utiliser un supplément de vitamine pour augmenter sa respiration, en ce qui concerne la vitamine C nos expériences ne font pas apparaître nettement la possibilité d'une intervention de cette vitamine dans les oxydations cellulaires. Les conséquences de cette constatation négative sont limitées par les conditions expérimentales des recherches ; elles

---

(2) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 406.

n'apportent naturellement pas la preuve de la non-intervention de la vitamine C dans la respiration cellulaire.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur le mécanisme de l'action vasoconstrictive de la bufoténine.* Note de M. RAYMOND-HAMET, présentée par M. Gabriel Bertrand.

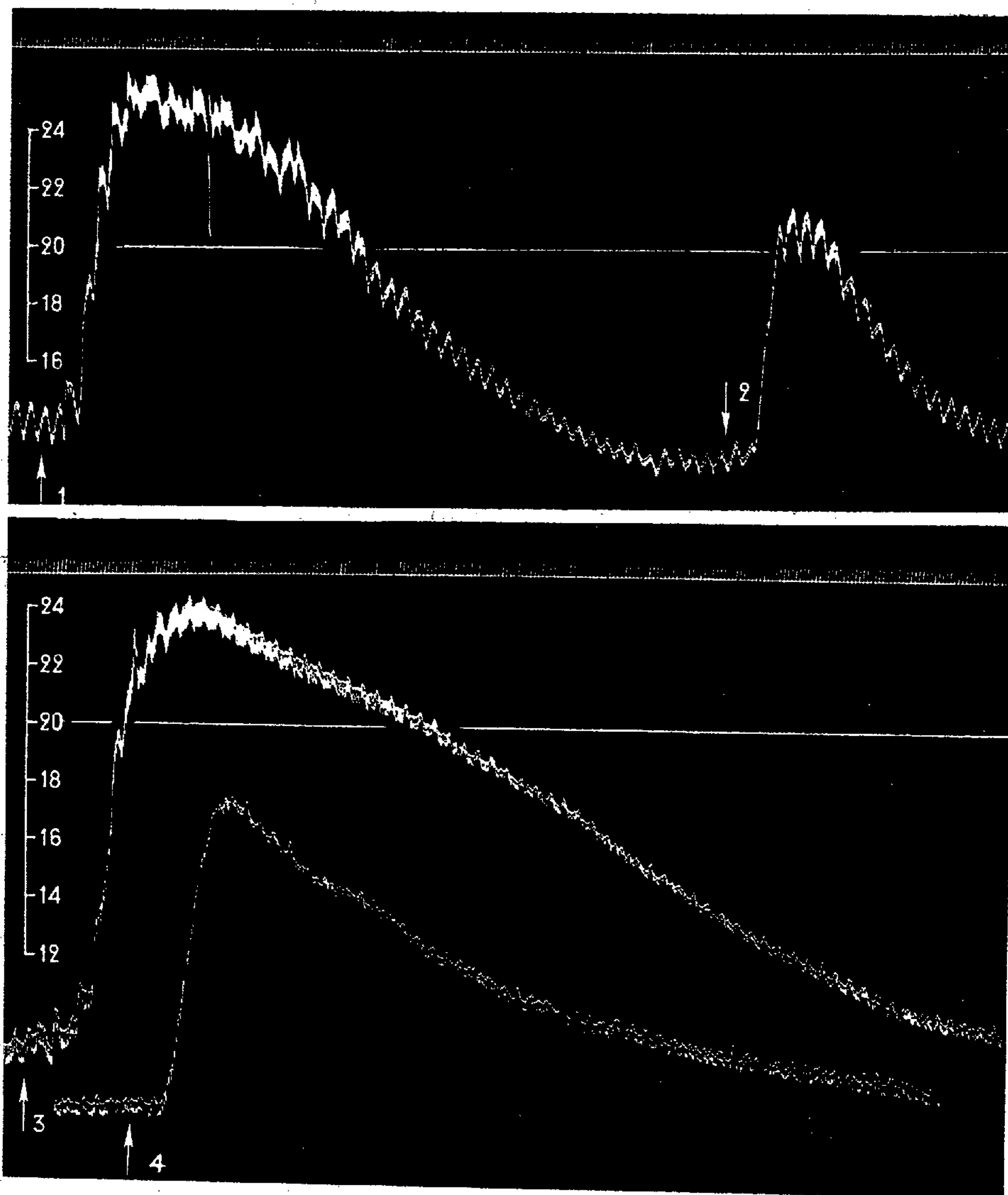
Puisque la bufoténine, à laquelle le venin de Crapaud doit, comme l'ont montré Gabriel Bertrand et C. Phisalix, beaucoup de son activité, se comporte comme les substances adrénaliniques et hyperadrénalinogènes à l'égard des sympathicolytiques, nous avons cru nécessaire de rechercher si elle réagissait comme celles-ci, non plus aux sympathicolytiques, mais aux sympathicosthéniques.

Nos expériences nous ont montré que, sous l'influence du plus anciennement connu des sympathicosthéniques, c'est à savoir de la cocaïne, l'action hypertensive de la bufoténine n'est pas diminuée comme celle de certains corps chimiquement voisins de l'adrénaline, tels que l'éphédrine et la tyramine, mais est augmentée comme celle des substances qui sont ou véritablement adrénaliniques, telles que l'adrénalone, la N-éthylnoradrénaline et la N-éthylnoradrénalone, ou hyperadrénalinogènes telles que la nicotine et la lobéline. Nous avons pu constater, par exemple, dans celle de nos expériences qui correspond aux tracés ci-contre, que la pression carotidienne avait été élevée de 147 à 260, soit de 113^{mm} de Hg, par l'injection de 0^{mg},5 de bufoténine par kilogramme, de 130 à 215, donc de 85^{mm} de Hg, par celle de 0^{mg},01 d'adrénaline pour un chien de 8^{kg}. Vingt minutes après que l'animal eût reçu sous la peau des flancs 30^{mg} de chlorhydrate de cocaïne par kilogramme, l'injection de bufoténine et d'adrénaline, aux mêmes doses que précédemment, haussèrent la pression carotidienne, celle-là de 95 à 245, c'est-à-dire de 150^{mm} de Hg, celle-ci de 70 à 175, donc de 105^{mm} de Hg. Ainsi, dans cette expérience, la cocaïnisation a augmenté de 23 % l'hypertension produite par l'adrénaline, de 32 % la hausse de pression provoquée par la bufoténine. Notons qu'elle a, en outre, beaucoup prolongé l'une et l'autre.

Ayant montré antérieurement [1] que l'action vasoconstrictive de la bufoténine diffère de celle de l'adrénaline, nous nous croyons autorisé à admettre qu'il la faut assimiler à celle des substances hyperadrénalinogènes.

---

[1] *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1414.



Chien de 8kg, anesthésié par le chloralose (12cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. — 1re et 3e lignes : temps en secondes. 2e, 4e et 5e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. On a injecté dans la saphène, en 1 et 3 : 4mg de bufoténine préparée par H. Wieland et dissoute, après neutralisation par l'acide chlorhydrique dilué, dans 2cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium, en 2 et en 4 : 0mg,01 d'adrénaline en solution dans 1cm³ de ce même soluté. Entre la fin du tracé supérieur et le début du tracé inférieur, l'animal a reçu une injection sous-cutanée de 240mg de chlorhydrate de cocaïne et a été laissé au repos pendant 20 minutes. Tracés réduits de 30 %.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La valeur de quelques sources de calcium dans la production du rachitisme expérimental.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La production expérimentale du rachitisme chez le Rat blanc est habituellement réalisée en soumettant l'animal, dès le sevrage et à l'obscurité, à un

régime exclusif présentant à la fois une carence en vitamine D et un déséquilibre phosphocalcique marqué, se traduisant par un rapport Ca/P plus grand que 2. La guérison est classiquement obtenue : par irradiation ultraviolette de l'animal ou de la ration, par adjonction au régime d'une source de vitamine D naturelle ou synthétique, ou encore par addition d'une source de phosphore capable de rétablir l'équilibre phosphocalcique en ramenant le rapport Ca/P entre les limites extrêmes de 0,5 et 1,5. Une telle schématisation offre l'inconvénient de passer sous silence certains éléments (iode, alcalose) qui peuvent jouer, dans l'évolution du rachitisme expérimental, un rôle également important ([1]). Par contre, le phosphore s'est révélé comme d'efficacité irrégulière, celle-ci paraissant liée à la présence du groupe P^2O^5, exaltée par le nombre de molécules d'eau fixées par l'anhydride et entravée par certains métaux salifiant les acides ainsi obtenus ([2]). Cette variabilité d'action curative des sources de phosphore nous a engagé à rechercher les variations possibles de la valeur rachitigène d'un excès de calcium en rapport avec la nature de l'acide combiné; on sait, en effet, que l'action acidifiante du chlorure de calcium s'oppose à l'action alcalinisante du gluconate de calcium, lorsque ces sels sont administrés par voie intraveineuse ([3]).

Nous avons pris, pour base de nos essais, le régime rachitigène Randoin-Lecoq, dont la composition permet, à l'aide de substitutions, d'étudier l'influence des divers constituants et de leurs équivalents ([4]). Toutefois, pour faciliter les manipulations, nous avons dû scinder l'ancien mélange salin en deux parts : la première étant uniquement constituée par le sel calcique employé (lactate de calcium), et la seconde par le mélange de tous les autres sels minéraux. La composition centésimale du régime devenait ainsi :

Peptone de muscle	17
Levure de bière	3
Graisse de beurre	5
Huile d'olive	5
Mélange salin 242 (*)	2,05
Lactate de calcium	1,95
Saccharose, Q. S. pour	100

(*) Le mélange salin 242 s'obtient en triturant au mortier : Iodure de potassium 0,009, Alun de potassium calciné 0,011; Sulfate de manganèse 0,035; Fluorure de sodium 0,115; Citrate ferrique 4,80; Carbonate de magnésium 13,69; Chlorure de potassium 40,67; Carbonate de sodium anhydre 40,67.

Compte tenu des constituants entrant dans sa composition, le régime renfermait en moyenne 0,466 de calcium % (dont 0,384 fourni par le sel pur) et 0,180 de phosphore, donnant un rapport Ca/P voisin de 2,6.

Éliminant les phosphates mono-, bi- et tricalcique et le glycérophosphate de

---

([1]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1891; **212**, 1941, p. 938.
([2]) R. Lecoq, *Bull. Acad. Méd.*, **113**, 1935, p. 760.
([3]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 314.
([4]) L. Randoin et R. Lecoq, *Ann. Falsif. et Fraudes*, **21**, 1928, p. 68.

calcium, dont nous connaissons l'action calcificatrice du radical phosphorique, nous avons retenu le bromure, le carbonate, le chlorure, le gluconate et l'hypophosphite de calcium, sels figurant au Codex 1937. La proportion en fut calculée de manière à ce que la teneur en calcium du régime restât la même : 2g,05 de lactate de calcium étaient remplacés par 2g,25 de bromure de calcium fondu; 0g,95 de carbonate de calcium; 1g,05 de chlorure de calcium desséché; 4g,30 de gluconate de calcium ou 1g,62 d'hypophosphite de calcium. Dans le dernier cas, le taux de phosphore s'élevant à 0,770 %, le rapport Ca/P tombait à 0,6.

Des lots de jeunes rats blancs de 35 à 45g, poids correspondant à l'époque du sevrage, furent maintenus à l'obscurité et soumis à des régimes ne différant entre eux que par les sources de calcium précédemment énumérées. Sur une portée de six rats, deux étaient gardés comme témoins et mis au régime Randoin-Lecoq, les quatre autres recevant l'un des régimes à essayer. Des radiographies pratiquées 7 à 10 jours après le début de l'expérience permettaient d'apprécier l'existence et l'intensité des lésions rachitiques osseuses produites. Mal toléré, le bromure de calcium entraînait la mort des rats, avec perte de poids et sans rachitisme, dès le 2e ou 3e jour. Le carbonate, le chlorure, le gluconate et l'hypophosphite de calcium assuraient au contraire d'assez bons développements pondéraux et l'apparition de lésions rachitiques osseuses nettes, survenant dans les mêmes délais et très comparables en intensité à celles qu'on observe avec le lactate de calcium.

Conclusions. — En cas d'insuffisance de phosphore sous forme phosphorique, carbonate, chlorure, gluconate, hypophosphite et lactate de calcium produisent chez le jeune Rat blanc, pour un apport égal de calcium, des lésions rachitiques comparables en rapidité et en intensité.

Cette constance d'action des sels de calcium, y compris l'hypophosphite, ne permet pas de toujours attribuer la même signification à la valeur du rapport Ca/P dans l'appréciation de l'équilibre minéral d'une ration. Les diverses sources de phosphore sont d'activités calcificatrices très inégales; le phosphore de l'hypophosphite de calcium se montre dépourvu de toute efficacité et ne peut empêcher l'évolution du rachitisme expérimental, alors que le rapport Ca/P du régime dans lequel il entre atteint 0,6.

C'est seulement en limitant la valeur de P au phosphore fourni par le radical P^2O^5 qu'on conservera toute sa validité au rapport Ca/P; encore conviendra-t-il, pour tenir compte des faits observés antérieurement ([5]), de faire intervenir des coefficients appropriés au nombre de molécules d'eau fixées par l'anhydride phosphorique et en fonction des métaux salifiant les acides ainsi obtenus.

([5]) R. Lecoq et H. Villette, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1051; 114, 1933, p. 1096.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur du sérum sanguin en vitamine* E *au cours de la gestation humaine.* Note de M. **Jacques Varangot**, présentée par M. Maurice Javillier.

Mlle A. Vinet et P. Meunier [1] ont établi une technique de dosage de la vitamine E dans le sérum sanguin, basée sur l'étude cinétique à l'électrophotomètre de la réduction du ferricyanure ferrique par un extrait chloroformique de sérum non saponifié.

Nous avons essayé de préciser la teneur du sang en vitamine E chez les femmes enceintes au moyen de cette technique. Nous avons effectué une première série de mesures entre le 10 septembre et le 5 novembre 1941. L'étude comparative d'hommes normaux, de femmes non enceintes et de femmes en état de gestation nous a fourni les chiffres rapportés dans le tableau suivant :

	Nombre de mesures.	Valeur moyenne (*).	σ.
Hommes normaux	31	1,38	(0,45) [2]
Femmes non enceintes	18	1,34	(0,36)
» enceintes	61	1,61	(0,45)

(*) Exprimées en milligrammes de tocophérol pour 100^{cm^3} de sérum sanguin.

La différence entre les deux premiers groupes ne se montre pas statistiquement significative [3]. Mais l'écart d'environ 20 % existant entre les sérums de femmes non enceintes et enceintes est nettement significatif.

Dans ce troisième groupe, nous avons observé que le taux de la vitaminémie E augmentait avec l'âge de la grossesse :

	Nombre de mesures.	Valeur moyenne observée.	σ.
Avant le quatrième mois	14	1,25	(0,15)
Du quatrième au septième mois	25	1,65	(0,33)
Du septième mois au terme	22	1,82	(0,58)

Dans une série de mesures ultérieures pratiquées entre le 14 janvier et le 26 février 1942, nous avons trouvé les chiffres suivants :

	Nombre de mesures.	Valeur moyenne.	σ.
Pendant les deux derniers mois de la grossesse	28	1,48	(0,63)
Le lendemain de l'accouchement	24	1,36	(0,41)
Dix jours après l'accouchement	29	1,00	(0,23)

(1) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 709.

(2) Les chiffres entre parenthèses représentent la valeur de l'écart quadratique moyen σ pour une mesure.

(3) Nous avons employé les formules données par R. A. Fisher dans sa Monographie, *Statistical Methods for Research Workers*, 1 vol., Londres, 1936.

Il existe donc une différence d'environ 30 %, très significative, entre la teneur du sang en vitamine E immédiatement après l'accouchement et celle que l'on observe dix jours plus tard.

Nous avons noté une différence nette entre les chiffres obtenus au cours de nos deux séries de mesures. Les dosages réalisés en janvier-février 1942 montrent une diminution de 25 % environ de la teneur du sang en vitamine E. Cette chute affecte de façon identique les femmes enceintes et celles qui ne le sont plus. L'écart existant entre la vitaminémie de ces deux groupes de femmes n'a pas été affecté par les variations saisonnières.

Nos observations montrent donc que le pouvoir réducteur des extraits chloroformiques du sérum vis-à-vis du ferricyanure ferrique augmente au cours de la grossesse et retourne à la normale après l'accouchement. On est en droit de se demander tout d'abord si cette élévation n'est pas due à la présence d'un corps différent de la vitamine E. Aucune substance réductrice *actuellement connue* et *présente dans le sang* ne peut être incriminée. La vitamine C et le glutathion ne passent pas dans l'extrait chloroformique. Les caroténoïdes et la vitamine A, les stérols sexuels et les phospho-aminolipides peuvent être entraînés avec la vitamine E dans les conditions de l'extraction, mais la cinétique de la réduction du ferricyanure ferrique par ces corps est très différente de celle du tocophérol, qui détermine une réduction presque instantanée (4). Mühlbock (5) a montré que l'indice d'iode du sérum augmentait au cours de la grossesse, mais cette élévation du taux des acides gras non saturés, en rapport elle-même avec l'augmentation des phospho-aminolipides, ne peut à elle seule rendre compte du phénomène que nous avons observé.

Nous pensons donc qu'il s'agit bien d'une élévation du taux de la vitaminémie, vraisemblablement d'origine endogène. Il est logique de penser que, pendant la gravidité, l'organisme maternel mobilise toutes ses réserves et fait passer dans le sang un supplément de vitamine E. On peut toutefois se demander si la mère ou le fœtus n'effectuent pas une véritable synthèse du tocophérol. Il a été impossible jusqu'à présent de savoir si cette substance représente réellement une vitamine pour l'espèce humaine. Les fluctuations saisonnières du taux sanguin plaident en faveur de son caractère vitaminique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur deux modes possibles de fixation du formol par certaines scléroprotéines.* Note (1) de Mlle **Cécile-Thérèse Baudouy**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que le formol modifie certaines propriétés physicochimiques des fibres collagènes; l'analyse de transformations du même ordre obtenues en

(4) P. Meunier et A. Vinet, *Ann. Chim. analyt.*, 23, 1941, p. 145.

(5) *Klinische Wochenschrift*, 16, 1937, p. 853

(1) Séance du 23 mars 1942.

traitant l'élastoïdine des Sélaciens par ce corps m'a conduite à reprendre l'étude quantitative de la fixation du formol par les protéines fibreuses. Highberger a donné, dans le cas du collagène de la poudre de peau, une méthode de dosage basée sur la distillation du formol fixé, après attaque par l'acide sulfurique dilué ([2]).

En utilisant cette méthode, j'ai trouvé, pour l'élastoïdine, des valeurs qui, à la saturation, sont supérieures à celles données par Highberger : soit 12 à 14^{mg} de formol fixé par gramme de protéine sèche à pH 8 et pour une concentration en formol de 1 %, contre 7^{mg} seulement, fixés par la peau dans les mêmes conditions.

Cependant on ne peut savoir si la totalité du formol a été libérée au moment de la distillation. A propos d'un problème voisin, Velluz fait, en effet, remarquer que le caractère irréversible de la neutralisation des toxines par le formol doit être dû à une action plus énergique que la simple méthylénisation des groupes NH^2.

Afin de suivre les stades qui précèdent la saturation, j'ai dû utiliser des solutions de formol beaucoup plus diluées et m'adresser à la méthode de dosage par le dimédon préconisée par Velluz à propos de la neutralisation des toxines ([3]).

L'élastoïdine étant totalement insoluble, les opérations du dosage en sont simplifiées : 500^{mg} d'élastoïdine sont mis en contact, à 38°, dans des fioles coniques soigneusement bouchées, avec 25^{cm^3} de solutions de formol à divers titres, tamponnées à pH 8. Les prélèvements sont faits aux temps voulus et les précipités de bisdimédon filtrés sur creusets filtrants pyrex. Le formol fixé est calculé par différence entre le taux initial et le taux final des solutions imprégnantes. Tous les essais sont faits concurremment avec des témoins subissant les mêmes temps de séjour à l'étuve.

Ce mode de dosage m'a permis de constater que l'élastoïdine fixe, en réalité, des quantités de formol notablement supérieures à celles indiquées par la méthode de Highberger. En effet, à la saturation, on trouve déjà 15^{mg} fixés, pour une concentration de 0,6 ‰; 20^{mg} pour 2,2 ‰ et 40^{mg} pour une solution à 1 % de formol.

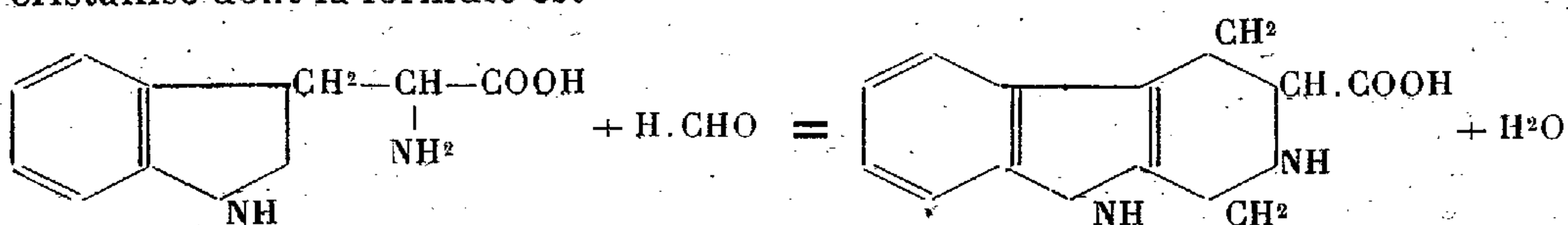
A quoi pourrait-on attribuer la différence des résultats donnés par les deux méthodes ? Il ne peut s'agir d'une disparition du formol libre par polymérisation; en font foi les solutions témoins dont le titre ne varie pas. Pas davantage d'un défaut de la méthode de Highberger, puisqu'en répétant les dosages avec du collagène de tendon, très comparable à celui de la peau, on retrouve, par les deux méthodes, exactement les mêmes chiffres de fixation de formol.

([2]) *Journ. Amer. Leat. Chem. Assoc.*, 1, 1939, p. 39.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 1, 1938, p. 35.

Enfin l'hypothèse d'une rétention du formol dans la fibre par adsorption peut être écartée, car le liquide exprimé des fibres par pression montre la même concentration en formol que le liquide environnant et la différence des résultats persiste après lavage prolongé des fibres.

On est en droit de penser que, dans le cas de l'élastoïdine et de quelques autres scléréoprotéines dont il nous reste à parler, une partie seulement du formol serait libérable par l'acide sulfurique, parce qu'il aurait été fixé, comme dans le tendon et la peau, d'une manière assez labile (peut-être par méthylénisation des groupes NH^2?); le reste du formol serait, au contraire, fixé d'une manière beaucoup plus stable, suivant le mode de condensation qui a été signalé par W. Craig, Wadsworth et Pangborn et confirmé par Velluz, à propos du tryptophane et de l'histidine ([4]).

Il est en effet connu que le tryptophane forme avec le formol un composé cristallisé dont la formule est



Le radical méthylène, appartenant désormais à un cycle, ne doit plus pouvoir en être détaché facilement, et c'est ainsi que Wadsworth et Pangborn ([5]) constatent que le pourcentage de ce qu'ils appellent *reversiblybound formaldehyde* est considérablement plus faible lorsque le formol est condensé avec le tryptophane qu'avec les autres acides aminés. Il en est de même avec l'histidine, dont le complexe *histidine-formol* a été isolé par Holden et Freemann ([6]).

Or j'ai pu constater que, par distillation dans les conditions où opère Highberger, il est impossible de libérer la moindre trace de formol à partir de ces complexes; tandis que des essais analogues faits avec le glycocolle, la proline, la lysine, la tyrosine, l'arginine libèrent quantitativement le formol combiné.

Par ailleurs, les collagènes ne contiennent pas de tryptophane et extrêmement peu d'histidine; le formol qu'ils fixent est entièrement libérable par l'acide sulfurique. Tout porte à croire que, dans le cas de l'élastoïdine, au contraire, une notable portion du formol est liée à des chaînes latérales tryptophane et histidine, de façon irréversible.

Il m'a paru intéressant de chercher un appui à cette hypothèse en examinant ce qui se passe avec une protéine connue pour sa richesse en histidine, la globine.

De la globine préparée à partir du sang de cheval est traitée, dans les mêmes conditions que l'élastoïdine, par du formol à 1 % et à 0,9 °/₀₀. Il est remar-

([4]) *Journ. of Biol. Chem.*, 113, 1936, p. 759.
([5]) *Journ. of Biol. Chem.*, 116, 1936, p. 424.
([6]) *Australian J. Exp. Biol. and Med. S. C.*, 8 1931, p. 189.

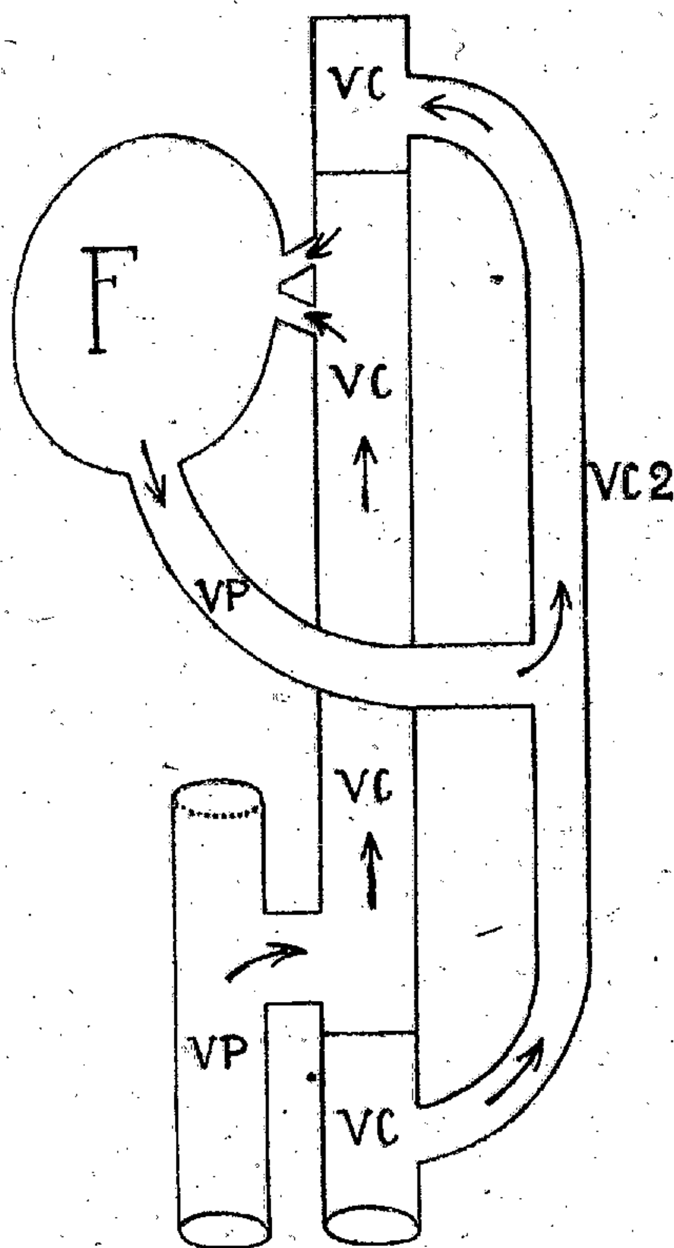
quable de constater que les taux de fixation du formol sont ici encore plus élevés : 1g de globine fixe 22mg de formol pour une concentration de 0,9 ‰, ce chiffre étant, bien entendu, donné par la méthode au dimédon. Si l'on cherche à recueillir le formol ainsi fixé par la globine au moyen de la méthode de Highberger, on n'en retrouve que 30 % environ.

Il est donc permis d'affirmer que, l'histidine et le tryptophane interviennent de façon toute particulière dans la fixation du formol par les protéines.

CHIRURGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Technique d'un projet expérimental d'inversion du cours du sang dans le foie.* Note (1) de M. **Robert Didier**, présentée par M. Louis Bouvier.

L'idée nous ayant été donnée par M. Hallion de chercher à inverser le cours du sang dans le foie, nous avons pu mettre au point et réaliser chez le Chien une intervention qui nous a permis d'entretenir pendant plusieurs heures une circulation hépatique intervertie.

Le principe de notre intervention est d'amener le sang veineux collecté par



la veine porte à se déverser dans le foie par les veines sus-hépatiques et de lui faire parcourir l'organe de haut en bas, c'est-à-dire inversement au cours

(1) Séance du 16 mars 1942.

normal, et enfin de le conduire dans la veine cave supérieure, où il retrouverait sa direction naturelle par l'intermédiaire d'un canal veineux greffé et moyennant une série appropriée d'anastomoses et de ligatures vasculaires.

Voici la technique résumée de l'opération que nous proposons en vue d'obtenir ce résultat :

On commence par implanter une veine cave prélevée sur un animal préalablement sacrifié à cet effet, sur la veine cave de l'animal à opérer, parallèlement à cette veine et à sa gauche, comme on le voit sur la figure ci-dessus.

Ce greffon doublerait la veine cave naturelle entre deux points, dont l'un est dans le thorax, et l'autre dans l'abdomen. La veine cave est liée une première fois sous l'anastomose supérieure, plus haut que les veines sus-hépatiques, au-dessus du diaphragme, puis au-dessus de l'implantation inférieure du greffon veineux; la veine porte est sectionnée en son milieu et, après avoir lié son extrémité inférieure, on fait en dessous de cette ligature une anastomose porte-cave; enfin l'extrémité supérieure de la veine porte est implantée au milieu du greffon veineux, par anastomose termino-latérale.

Ainsi le sang de la veine cave va passer par la veine cave de greffe; le sang de la veine porte va arriver au foie par les veines sus-hépatiques, le traverser et revenir, par l'intermédiaire de la veine porte, dans la veine cave d'emprunt, enfin dans la veine cave appartenant en propre à l'animal, où il reprend son cours normal.

Par deux fois nous avons exécuté et mené à bien cette opération; malheureusement nos animaux sont morts, l'un dans la nuit, l'autre le lendemain du jour de l'intervention, en sorte que nous n'avons pu faire utilement sur eux les investigations physiologiques que nous avions en vue. Mais la survie que nous avons obtenue, bien que limitée, nous incite à penser que l'on pourrait la prolonger dans des tentatives nouvelles, et il nous apparaît qu'on aurait alors lieu d'en attendre des conclusions d'ordre histologique, biologique et chimique du plus haut intérêt, et c'est ce qui nous détermine à relater nos essais. A notre avis, cette intervention, démontrée temporairement réalisable, n'aurait besoin que d'être mise au point pour permettre une survie supérieure à celle que nous avons obtenue.

A $15^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 8 AVRIL 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la relation de la grandeur du cerveau à la grandeur du corps.* Note de M. LOUIS LAPICQUE.

L'interprétation physiologique de la grandeur du cerveau est un problème séculaire qui n'a pas encore reçu sa solution. On sait que cette grandeur est fonction de la masse du corps sans lui être proportionnelle. Eugène Dubois (1937) a montré qu'entre les espèces animales on exprime pratiquement cette fonction en écrivant

$$E = KP^{0,56}$$

(E, poids de l'encéphale; P, poids du corps). Le coefficient K, égal entre espèces semblables (exemple, le Chat, la Panthère et le Tigre), varie très largement d'une famille zoologique à une autre, depuis 0,08 chez la Souris et le Rat, jusqu'à 0,70 chez les Singes anthropoïdes; celui de l'Homme est encore bien plus élevé, 2,72.

Cette façon de calculer le *poids relatif* de l'encéphale a fait disparaître les paradoxes auxquels se heurtaient les philosophes de la Nature quand ils cherchaient à relier le niveau d'intelligence avec la grandeur du cerveau, prenant pour mesure de celui-ci, soit son poids absolu, soit le quotient de ce poids par le poids du corps (poids relatif de Cuvier). Éliminant d'une façon exacte la différence des poids corporels, elle a permis des comparaisons intéressantes par le coefficient K. Mais elle ne nous apprend rien sur la façon dont la grandeur du corps influence le poids cérébral.

La formule de Dubois est simplement une application, la première je crois, à l'anatomie comparée de la formule générale

$$y = ax^b,$$

dont la souplesse, due à ses deux paramètres arbitraires, est souvent fort commode pour interpoler une relation quantitative, mais elle n'a rien de rationnel. Notamment ici l'exposant 0,56, dont la valeur purement abstraite est en fait très étendue, s'appliquant aux Oiseaux comme aux Mammifères, sur une gamme de poids corporels allant du décagramme à la tonne, est difficilement intelligible.

On ne sait même pas de quelle nature est l'élément corporel qu'il faut faire entrer en ligne de compte.

Il a été proposé diverses hypothèses faisant intervenir la force musculaire ou la grandeur des échanges respiratoires, proportionnelles l'une de l'autre à la puissance 2/3 du poids du corps. Sans même préciser par quel mécanisme, il paraissait logique de faire intervenir, au lieu de masses, des surfaces homologues, notamment des surfaces sensibles; mais en fait 0,66 est trop fort comme exposant de relation.

J'avais pensé depuis longtemps qu'un renseignement capital serait le nombre des communications de l'encéphale avec le corps, c'est-à-dire le nombre des fibres nerveuses qui en partent ou qui y arrivent, des surfaces homologues pouvant, suivant la taille de l'individu, être innervées avec des densités différentes. Un premier essai dans ce sens, effectué en 1923, m'avait donné, pour le nombre de fibres composant le nerf sciatique des Souris et des Rats, la proportionnalité à la puissance 0,42 du poids du corps; cette donnée m'avait paru satisfaisante (¹).

Mais des recherches récentes avec M. et Mme Desoille d'une part, avec M. André Pezard et Mme Senègre d'autre part, ont montré qu'il fallait, à ce point de vue, distinguer, parmi les fibres périphériques, celles qui, appartenant au système sympathique, servent aux fonctions végétatives et celles qui conduisent la sensation ou la volonté. Les premières croissent en nombre suivant la puissance 0,50 du poids du corps, les secondes et les troisièmes suivant la puissance 0,25 de ce poids (²). Il s'agit, ainsi que pour la formule de Dubois, de lois *allométriques*, comme on dit maintenant, concernant des relations purement numériques; la différence de ces lois, pour l'innervation inconsciente d'une part et l'innervation consciente d'autre part, est curieuse; mais elle ne fait que compliquer notre problème. Quel est le nombre qu'il faut considérer comme représentant vis-à-vis de l'encéphale la grandeur du corps?

J'ai voulu reprendre la question sur une autre base expérimentale et compter l'ensemble des fibres nerveuses qui unissent la tête au tronc et aux membres, c'est-à-dire dans la moelle à son entrée dans le crâne. Une telle computation au sens strict est pratiquement impossible en raison du nombre énorme d'unités en cause, joint à leur très grande hétérogénéité. Comme il s'agit de grandeurs relatives, j'ai substitué à ce compte la surface occupée par la somme des fibres sur une coupe transversale, c'est-à-dire la surface de section droite de la substance blanche de la moelle. La coupe pratiquée dans ce but doit être déplacée notablement du côté caudal, de façon à éviter la complexité de la structure bulbaire, dans laquelle les faisceaux blancs sont entremêlés de substance grise et souvent obliques; en principe, me fondant sur un travail classique de Stilling chez l'Homme, je me suis placé à la hauteur de la troisième vertèbre cervicale.

La coupe, colorée au Weigert ou imprégnée à l'acide osmique, était projetée dans une chambre noire sous des grossissements de 10 à 50 diamètres et dessinée sur un papier fort; le dessin était découpé, pesé, puis la surface de la substance blanche calculée d'après ce poids. En raison des rétractions et des étalements variables qui se produisent au cours des manipulations, on n'obtient pas de mesures bien fixes. D'autre part, je n'ai pu encore opérer

(¹) L. Lapicque et A. Giroud, *C. R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 43.
(²) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, pp. 894 et 897.

que sur l'Homme et sur les animaux communs de laboratoire. Je me propose d'étendre et de préciser cette recherche. Mais les chiffres obtenus ([3]) aboutissent déjà à des résultats généraux assurés et, en ce moment, il serait imprudent de ma part de compter sur l'avenir; je vais donc donner sommairement ces résultats avec des valeurs provisoires.

Chez la Souris, le Rat, le Lapin, le Chien et l'Homme, la demi-surface S de la substance blanche de la moelle un peu au-dessous du bulbe, en millimètres carrés, peut être exprimée en fonction du poids de corps P, en grammes, par la formule

$$S = P^{0,46}(0,18 \pm 0,02).$$

Mais, ce qu'il nous faut, c'est un nombre de fibres; la surface en question n'est pas proportionnelle à ce nombre, car la grosseur des fibres nerveuses n'est pas indépendante de la grandeur des corps. Sur des coupes du nerf phrénique, réunies pour une recherche précédente, j'ai calculé que le diamètre des fibres suivait la puissance 0,12 ou 0,13 du poids du corps; cette relation m'a paru valoir pour les grosses fibres du cordon antérolatéral de la moelle; leur surface individuelle varierait donc comme la puissance 0,24 ou 0,25 du poids du corps. En faisant la différence des exposants et généralisant, on trouve que le nombre des fibres dans la surface mesurée varie comme la puissance 0,20 ou 0,22 du poids du corps. C'est voisin de la puissance 0,25 antérieurement obtenue pour le nombre de fibres observé dans des nerfs périphériques, mais plus petit, semble-t-il. Ceci est un des points à préciser.

L'exposant est de toute façon bien au-dessous de la valeur qui figure dans la loi de Dubois. Mais le poids (ou le volume) de l'encéphale visé par cette formule doit, comme la surface de la moelle, être transformé en nombre d'éléments. Or le volume des corps de neurones centraux est lui-même fonction de la grandeur du corps; Dubois, réunissant les données sur ce sujet éparses dans la science ([4]), a montré que toutes ces données concordent vers la proportionnalité à la puissance 0,28 du poids du corps; si le calcul sur cette base était légitime, la variation du nombre des neurones encéphaliques serait proportionnelle à $P^{0,28}$, c'est-à-dire assez voisine de celle que nous avons constatée pour les fibres nerveuses somatiques en général. Mais A. Pezard a trouvé, par des mesures directes, que le nombre des cellules de Purkinje dans le cervelet est quasi indépendant de la grandeur du corps ([5]).

Voici qui est encore plus troublant : la relation entre le nombre des fibres nerveuses médullaires et le poids du corps ne présente pas trace de la gradua-

([3]) Avec la collaboration technique de Mme Senègre. Les trop rares chiffres que j'ai pu recueillir chez les Oiseaux indiquent pour ceux-ci une loi parallèle notablement au-dessous de celle des Mammifères.

([4]) *Konink. Akad. v. Wettens. te Amsterdam, Proceedings*, 25, 1922, p. 13.

([5]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1530, et *Thèse de Sciences*, Paris, 1940.

tion si ample qui caractérise les espèces quand il s'agit du poid de l'encéphale. Cette indépendance avait déjà été notée par rapport au nombre des fibres périphériques (6).

Le développement quantitatif du cerveau apparaît ainsi largement indépendant de celui du système nerveux somatique et tous les raisonnements antérieurement esquissés s'écroulent. L'interprétation de la grandeur du cerveau devra être cherchée dans des considérations nouvelles.

M. MAURICE CAULLERY s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un volume nouvellement paru, *Biologie des Abeilles* (1), à la rédaction duquel j'ai participé avec divers collaborateurs (2).

Ce volume reproduit des conférences faites en 1941 à l'Institut Pasteur et visant à rassembler l'ensemble des données essentielles sur la vie des Abeilles, pour faciliter, sur une base rationnelle, la pratique de l'Apiculture.

CORRESPONDANCE.

L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE DE BELGIQUE exprime des condoléances à l'occasion de la mort de M. *François-Xavier Lesbre*.

ASTRONOMIE. — *Étude photométrique et colorimétrique de l'éclipse totale de lune des 2 et 3 mars* 1942. Note (1) de MM. GILBERT ROUGIER et JEAN DUBOIS, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'éclipse de lune a été observée par très beau temps à l'Observatoire de Bordeaux depuis son début et pendant toute la durée de la totalité. Le brouillard, qui s'est élevé le 3 mars à $1^h 45^m$ T. U., a interrompu les mesures photométriques pendant la sortie de l'ombre.

Nous avons exécuté les observations avec le photomètre à œil-de-chat de 105^{mm} d'ouverture que nous utilisons pour les mesures de la lumière cendrée. Nous avons ainsi comparé la brillance des deux bords opposés de la lune qui, à chaque instant, se trouvent sur le rayon vecteur ayant son origine au centre de l'ombre. Un diaphragme iris limite dans le plan focal le champ utilisé. La largeur angulaire des deux plages contiguës que l'observateur égalise avec

(6) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 900.

(1) Paris, 1942, 240 p., 69 fig., 20 planches hors texte.

(2) P. GRASSÉ, L. BERLAND, P. GRENIER, Mlle G. COUSIN, M. MATHIS, E. ROUBAUD.

(1) Séance du 23 mars 1942.

l'œil-de-chat est seulement de 1'. Nous avons obtenu avant l'entrée de la lune dans la pénombre les observations nécessaires pour tenir compte de la différence de brillance des deux bords en fonction de l'angle de position.

Pendant l'entrée de la lune dans la pénombre, nous avons déterminé la courbe de lumière en utilisant presque exclusivement l'écran vert, avec lequel les mesures sont plus faciles et plus précises. Au bord géométrique de l'ombre nous avons trouvé pour la densité de celle-ci, évaluée en magnitude, $+7^m,25$, valeur très voisine de celle obtenue antérieurement par M. Danjon [2].

Les observations des éclipses des 26 septembre 1931 et 14 septembre 1932 avaient montré que sous écran bleu la lune devient invisible dès son entrée dans l'ombre; par suite notre programme ne comportait que des mesures photométriques sous écrans rouge et vert.

Mais, l'examen de la lune éclipsée dans l'équatorial de 8 pouces avec un grossissement de 80 fois ayant montré vers 22^h30^m que le bord de l'ombre était pratiquement neutre sur une largeur d'environ 6' et que les détails lunaires se voyaient avec une très grande facilité dans toute la partie éclipsée, nous avons essayé aussitôt des mesures sous écran bleu et nous avons pu les poursuivre sans difficulté jusqu'au centre de l'ombre.

Le tableau suivant donne, en fonction de la distance au centre de l'ombre, la diminution de brillance de la lune, évaluée en magnitude, ainsi que les valeurs V — R et V — B qui caractérisent la coloration de la lune éclipsée.

D.	R λ7000 Å.	V λ5300 Å.	B λ4750 Å.	V — R.	V — B.
'	m	m	m	m	m
0.......	+10,68	+12,55	+13,60	+1,87	−1,05
5.......	10,93	12,93	13,75	2,00	0,82
10.......	10,78	12,75	13,69	1,97	0,94
15.......	10,30	12,00	13,18	1,70	1,18
20.......	9,55	11,05	12,17	1,50	1,12
25.......	8,82	10,05	10,69	1,23	0,64
30.......	8,25	9,02	–	0,77	–
35.......	7,93	8,10	–	0,17	–
41.......	7,25	7,25	–	0	–

Le palier, très accusé, de la courbe de lumière au bord de l'ombre montre que la partie marginale de l'ombre était plus claire que le 26 septembre 1931, tandis que la partie centrale était plus sombre, aussi bien en lumière verte qu'en lumière rouge, les différences restant inférieures à 0,5 magnitude.

Les points, obtenus pendant la partie de la phase décroissante que nous avons pu observer, se placent sur la même courbe que ceux obtenus pendant la phase croissante. Les observations faites pendant la période où le bord de

---

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 716.

la lune avait dépassé le centre de l'ombre, entre $2^h 57^m$ et $0^h 46^m$ T.U., paraissent accuser une légère dissymétrie, beaucoup moindre toutefois que celle observée par l'un de nous pendant l'éclipse partielle du 14 septembre 1932 ([3]).

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité des gaz excités par les décharges de haute fréquence.* Note ([1]) de M. **Pierre Mesnage**, présentée par M. Aimé Cotton.

Parmi les travaux déjà publiés sur les décharges de haute fréquence dans les gaz raréfiés, celui de Félix Esclangon ([2]) marque un progrès, l'auteur ayant réussi à débrouiller l'ensemble des phénomènes. Il analyse en particulier les caractères des deux modes de décharge : le régime *électrostatique*, de faible brillance, qui ne diffère pas essentiellement de celui existant dans la colonne positive des tubes de Geissler et le régime *induit*, caractérisé par une grande brillance et une conductibilité élevée.

Les résultats d'Esclangon restent dans une large mesure qualitatifs. J'ai cherché d'abord à mesurer l'*impédance* des tubes à décharge : elle est certainement complexe, mais sa partie la plus importante est une *résistance ohmique*, dont la mesure est le premier problème à résoudre. La première condition à réaliser pour faire des mesures est de renoncer aux générateurs auto-excités dont le circuit oscillant contient le tube à décharge. Le tube à décharge doit être placé dans un circuit faiblement couplé à un oscillateur à excitation séparée ayant une grande réserve de puissance, de façon à réduire au minimum la réaction du tube sur le générateur.

L'oscillateur réalisé comporte trois étages ayant chacun deux lampes en push-pull, les lampes de puissance étant du type E 1456 de la S.F.R. à refroidissement par eau, dont la tension-plaque est réglable de façon continue jusqu'à 5000 volts afin de faire varier la puissance. La fréquence est voisine de 25 mégacycles. Le tube à décharge est placé dans l'axe d'une self faisant partie d'un circuit accordé couplé par induction à l'oscillateur par une spire unique, placé dans un blindage séparé et ayant un pôle à la masse. La tension aux bornes de la self est mesurée par un *voltmètre de crête* (voir la figure) constitué d'une diode D de faible capacité capable de supporter une tension inverse élevée (kénotron redresseur pour rayons X) qui charge un condensateur C. La tension aux bornes de C est mesurée par un voltmètre à courant continu V de grande résistance. Si le débit de la diode était nul, elle serait égale à la tension de crête des oscillations : les corrections faites pour tenir compte du débit de la diode (qui est celui du voltmètre V, soit 0,25 mA pour 5000 volts) et de la durée de trajet

([3]) *Bulletin de la Société astronomique de France*, 1933, p. 535.

([1]) Séance du 2 mars 1942.

([2]) *Annales de Physique*, 1, 1934, p. 267.

des électrons dans celle-ci, atteignent 10 % dans les cas les plus défavorables. La résistance du tube est déduite de la forme de la *courbe de résonance* du circuit, c'est-à-dire de l'étude de la tension aux bornes de la self en fonction de la capacité d'accord. On obtient ainsi le coefficient de surtension $L\omega/R$, d'où R si la self est connue.

Si l'on attribue au gaz une conductibilité γ définie comme le rapport de la densité de courant au champ électrique qui la crée, la connaissance de la résis-

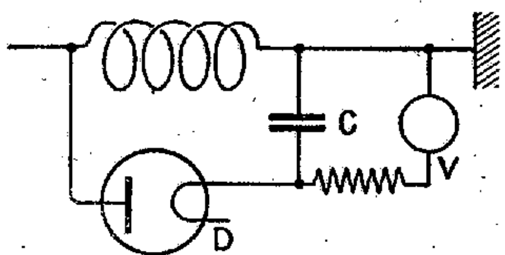


Fig. 1.

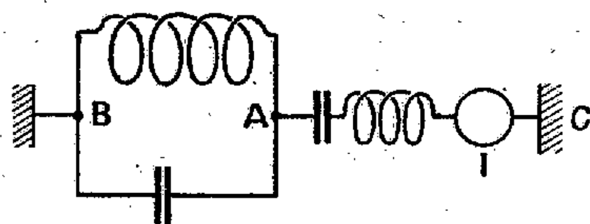


Fig. 2.

tance R et des dimensions de la self et du tube permet de calculer γ. Pour les faibles conductibilités, la solution complète exprimée au moyen de fonctions de Bessel est inutile et l'on peut se contenter de la relation

$$W = \frac{\pi}{16}\gamma A^2 \omega^2 r^4 \qquad \text{(A, amplitude à la surface)}.$$

Si l'on pose $A = g\,I_0 = g\sqrt{2}\,I_{\text{eff}}$, on a $W = R\,I^2_{\text{eff}}$, d'où

$$R = \frac{\pi}{8}\gamma g^2 \omega^2 r^4,$$

en omettant la puissance de 10 convenable à choisir suivant les unités.

Dans les présentes expériences la conductibilité en $\text{ohm}^{-1}/\text{cm}$ est de 0,03 à 0,3 pour l'hydrogène, 0,2 à 0,4 et davantage pour le néon; elle est encore supérieure pour le mélange argon-vapeur de cadmium. La pression est de quelques dixièmes de millimètre de Hg, région du maximum de conductibilité pour la plupart des gaz. La conductibilité augmente rapidement avec le champ excitateur, en d'autres termes ces plasmas ont une *caractéristique volt-ampère* descendante, comme les arcs.

La méthode de mesure au moyen des courbes de résonance appelle l'objection suivante : comme au cours de la mesure l'intensité de la décharge varie, la résistance à mesurer varie aussi et ne peut être valablement déduite de la forme de la courbe de résonance. Cela est juste et l'est d'autant plus que la conductibilité est plus grande; c'est pourquoi les gaz très conducteurs (néon, argon) n'ont donné lieu qu'à des évaluations grossières. Une méthode correcte ne devant comporter de mesure que sur une décharge bien définie, le procédé suivant sera employé dans la suite. Le circuit oscillant accordé AB (*fig.* 2) contenant le tube sera excité en tension par un autre circuit AC couplé à l'oscillateur et lui-même accordé jouant le rôle de feeder. On mesure alors le courant I dans le feeder et la tension V entre A et B, on en déduit la résis-

tance V/I du circuit AB considéré comme circuit antirésonant, d'où sa résistance ohmique. Ceci exige l'emploi d'un ampèremètre étalonné pour la fréquence 25 mégacyles.

Quelques faits montrent d'ailleurs que les tubes à décharge ne sont pas de simples résistances ohmiques.

ÉLECTROCHIMIE. — *Théorie de la réduction électrolytique.* Note de M. **René Audubert** et Mlle **Marguerite Quintin**, transmise par M. Jacques Duclaux.

En étudiant un certain nombre de réductions électrolytiques, Haber et Russ ont montré que, en présence d'un dépolarisant RO, la variation de la surtension η de l'hydrogène en fonction de l'intensité I du courant pouvait être représentée par la relation

$$\eta = \varepsilon \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log} \frac{I}{k[RO][H]^2}.$$

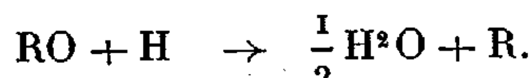
La théorie du phénomène, faite en considérant la cathode comme une électrode à hydrogène, les a conduits à la formule

$$\eta = \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log} \frac{I}{k[RO][H]^2},$$

qui ne rend donc compte de l'expérience que si l'on introduit un facteur de correction ε plus grand que l'unité.

On peut établir une théorie plus satisfaisante de la réduction électrolytique en faisant intervenir dans la décharge de l'ion H^+ l'énergie d'activation de cet ion (Volmer).

Considérons la réduction d'un corps RO, schématiquement représentée par



$$RO + H \rightarrow \frac{1}{2} H^2O + R.$$

Conformément au mécanisme général de la décharge des ions (R. Audubert), l'intensité du courant est donnée par

$$(1) \qquad I = k_1[H^+]\, e^{-\frac{W_1 - \alpha\mathcal{F}v}{RT}} - k_2[H]\, e^{-\frac{W_2 + \beta\mathcal{F}v}{RT}}.$$

Le premier terme de cette équation se rapporte à la décharge de l'ion H^+, le deuxième au phénomène inverse d'ionisation $H = H^+ + \Theta$; W_1 et W_2 représentent les énergies d'activation de deux processus auxquels correspondent des facteurs de transmission de l'énergie cinétique α et β; v désigne la différence de potentiel électrode/liquide.

D'autre part, en admettant qu'en régime permanent les phénomènes de

production et de consommation de l'hydrogène atomique s'équilibrent, on a

$$(2)\qquad \frac{d\mathrm{H}}{dt}=0=k_1[\mathrm{H}^+]e^{-\frac{w_1-\alpha\mathcal{F}v}{\mathrm{RT}}}-k_2[\mathrm{H}]e^{-\frac{w_2+\beta\mathcal{F}v}{\mathrm{RT}}}-k_3[\mathrm{RO}][\mathrm{H}]-k_4[\mathrm{H}]^2+k_5[\mathrm{H}_2].$$

Si l'on considère comme négligeable le terme 4, ce qui est plausible, la concentration en hydrogène atomique étant très petite, on a

$$(3)\qquad \mathrm{I}-k_3[\mathrm{RO}][\mathrm{H}]-k_5[\mathrm{H}_2]=0.$$

Mais la concentration des molécules H_2 peut être regardée comme sensiblement indépendante de l'intensité et égale, par suite, à sa valeur pour $\mathrm{I}=0$, c'est-à-dire

$$(4)\qquad [\mathrm{H}_2]=\frac{k_3}{k_5}[\mathrm{RO}][\mathrm{H}_0],$$

où H_0 représente la concentration en hydrogène atomique pour une surtension nulle.

Des équations (1), (2), (3) et (4), on tire

$$(5)\qquad \mathrm{I}=\frac{k_1k_3}{k_2}[\mathrm{H}^+][\mathrm{RO}]\frac{e^{\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}v}{\mathrm{RT}}}-e^{\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}v_0}{\mathrm{RT}}}}{\frac{k_3}{k_2}[\mathrm{RO}]e^{\frac{\beta\mathcal{F}v}{\mathrm{RT}}}+1},$$

où v_0 est le potentiel de l'électrode pour $\mathrm{I}=0$ $(v-v_0=\eta)$.

Cette formule peut se simplifier; dans le cas de faibles surtensions elle devient

$$(6)\qquad \mathrm{I}=\frac{k_1k_3}{k_2}[\mathrm{H}^+][\mathrm{RO}]e^{\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}v}{\mathrm{RT}}}\left[1-e^{-\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}\eta}{\mathrm{RT}}}\right],$$

relation qui, dans le cas où le processus d'ionisation de l'atome d'hydrogène peut être négligé, n'est autre que celle vérifiée par Haber et Russ; $(\alpha+\beta)$ représente donc ainsi l'inverse du terme de correction ε exigé dans la théorie de ces auteurs.

Or de nombreuses expériences faites sur différents ions [1] montrent que $(\alpha+\beta)$ est toujours inférieur à l'unité et tend vers cette dernière valeur lorsque la surtension tend vers zéro.

D'autre part, si l'on considère des surtensions élevées, la relation se réduit à

$$(7)\qquad \mathrm{I}=k_1[\mathrm{H}^+]e^{\frac{\alpha\mathcal{F}v}{\mathrm{RT}}},$$

formule identique à la relation classique de Tafel, dont on sait qu'elle est vérifiée par l'expérience pour des grandes surtensions où l'influence de la réduction sur la courbe potentiel-courant est négligeable, ce que la théorie de Haber ne permettait pas de prévoir.

Ainsi la théorie complète de la réduction électrolytique peut être faite en étendant à ce phénomène le mécanisme général de la décharge des ions vérifié déjà par l'un de nous dans plusieurs cas [1].

---

(1) R. Audubert et S. Cornevin, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 265; R. Audubert et E. Verdier, *ibid.*, **214**, 1942, p. 272.

PHOTOMÉTRIE. — *Une solution subjectivement homochrome du problème de la photométrie hétérochrome.* Note ([1]) de M. PIERRE FLEURY, transmise par M. Charles Fabry.

On sait quelles incertitudes comporte la photométrie des lumières diversement colorées : la méthode *directe* (plages juxtaposées) fournit souvent des résultats très dispersés; celle *de cascade* accumule les risques d'erreurs; celle de *papillotement,* la plus facile à mettre en œuvre, repose sur un critérium très artificiel, et ne s'accorde avec les précédentes que dans des conditions expérimentales encore discutées. On peut, il est vrai, rendre homochrome n'importe quelle mesure photométrique en utilisant des filtres colorés convenables, mais il faut déterminer leur facteur de transmission, ce qui est encore une opération hétérochrome.

On tend de plus en plus, lorsqu'on dispose des données spectrophotométriques nécessaires, à calculer le rapport des flux lumineux F et F′ de deux faisceaux par la formule

$$\frac{F}{F'}=\frac{\int V_\lambda P_\lambda\, d\lambda}{\int V_\lambda P'_\lambda\, d\lambda},$$

P_λ et P'_λ étant les *flux d'énergie monochromatiques* des deux lumières étudiées et V_λ le facteur de visibilité relative de la lumière simple de longueur d'onde λ (les intégrales étant étendues à l'ensemble du spectre visible). Les limites de validité du *principe d'additivité des flux lumineux dans un faisceau complexe*, sur lequel on se base ainsi, ont déjà été explorées, mais restent à préciser.

La détermination des valeurs V_λ à utiliser dans la relation ci-dessus peut être considérée comme fondamentale en photométrie. En 1924, une *courbe de visibilité relative* de l'œil moyen a été adoptée par la Commission Internationale de l'Éclairage, comme résultant de nombreuses mesures effectuées par les diverses méthodes que nous avons rappelées; depuis 1935, des indications parfois contradictoires ont conduit plusieurs physiciens à proposer de modifier cette convention ([2]).

Il semble possible d'apporter à cette étude une contribution nouvelle, en faisant appel à des comparaisons *subjectivement homochromes* de mélanges convenables de radiations différentes. Soient en effet quatre faisceaux monochromatiques de facteurs de visibilité relative $V_1 V_2 V_3 V_4$, géométriquement superposables : il est toujours possible de déterminer leurs flux

([1]) Séance du 23 mars 1942.

([2]) Voir notamment ARNDT, *Das Licht,* 6, 1936, p. 751; DRESLER, *ibid.,* 7, 1937, p. 81; RIECK, *ibid.,* 7, 1937, p. 213; PRESTON, *Proc. Phys. Soc.,* 50, 1938, p. 398; JAINSKI, *Thèse,* Berlin, 1938; JAGGI, *Helvetica Physica Acta,* 12, 1939, p. 77 et le Rapport du *Comité d'études sur la photométrie visuelle* (Hongrie) présenté à la dernière session de la *Commission Internationale de l'Éclairage* (Scheveningue, 1939).

d'énergie $y_1 y_2 y_3 y_4$ pour que la *somme* de deux d'entre eux équilibre chromatiquement et photométriquement la somme des deux autres; on a alors $V_1 y_1 + V_2 y_2 = V_3 y_3 + V_4 y_4$.

En partant de cinq radiations monochromatiques, combinées quatre à quatre comme il vient d'être dit, on disposera de cinq relations linéaires et homogènes analogues à la précédente, d'où l'on déduira, en valeur relative, les cinq facteurs de visibilité correspondants, pour l'observateur considéré. L'emploi de radiations supplémentaires fournirait un nombre surabondant d'équations, dont certaines à rejeter comme entachées d'une trop grande incertitude; les autres offriraient une possibilité de contrôle du principe d'additivité.

L'un des coefficients y est parfois nul (équilibrage de lumières spectrales jaunes par mélanges convenables de rouge et de vert), où très petit (il suffit d'un faisceau bleu relativement peu intense pour modifier notablement la couleur du faisceau vert ou jaune auquel on l'associe), ce qui facilite les mesures correspondantes.

Nous tenterons d'obtenir de cette façon des résultats plus cohérents que par comparaison directe ou par papillotement, dès que nous disposerons des sources monochromatiques stables et intenses et des récepteurs physiques sensibles et fidèles indispensables à ces recherches.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solvatation des ions* Li, Na, K, Cl, I *dans l'alcool méthylique et dans l'acétophénone.* Note [1] de Mlle **Marguerite Cordier**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. E. Darmois [2] a indiqué un nouveau procédé de calcul de la solvatation des ions. En admettant la loi de Stokes, à partir de la mobilité de l'ion, on calcule son rayon, ce qui fournit le volume *réel* de l'ion; d'autre part, à partir des densités des solutions, en admettant l'additivité des volumes partiels, on calcule le volume *apparent* de l'ion. Ces volumes sont extrapolés en solutions infiniment étendues. Le volume apparent est au plus égal au volume réel. Dans le cas où ils sont différents, il suffit d'ajouter au volume apparent le volume de n molécules de solvant pour avoir le volume réel; d'où la valeur de n. Les données sont malheureusement peu sûres pour les densités dans les solvants autres que l'eau. C'est pourquoi la présente Note se borne à l'alcool méthylique et à l'acétophénone.

Solutions dans l'alcool méthylique. — Les données ont été les mesures de Herz et Anders [3], Herz et Kuhn [4], Ewart et Raikes [5], Chéneveau [6],

(1) Séance du 30 mars 1942.
(2) *J. de Phys. et le Radium*, 8, 1941, p. 1.
(3) *Zeit. für anorg. Chem.*, 55, 1907, p. 271.
(4) *Zeit. für anorg. Chem.*, 60, 1908, p. 152.
(5) *J. Chem. Soc. London*, 1926, p. 1907.
(6) *Sur les propriétés optiques des solutions*, Paris, 1913.

Humburg [7], Getman [8] pour les densités, et les mesures de Walden [9] pour les conductibilités; elles étaient toutes faites à 25°. Les rayons, calculés d'après la loi de Stokes [$r = 0,815 z/u\eta$ (angström)], où z est la valence, u la mobilité limite, η la viscosité du solvant, et les volumes de Stokes (en angströms cubes) sont :

Ion.	r (St.).	V (St.).	v app.	Solvatation.
Li^+	3,83	235,6	−27	4
Na^+	3,25	137,5	−11	2,2
K^+	2,79	91	11	1,2
Cl^-	2,89	101,1	(37)	1
I^-	2,45	61,6	(62)	(0)

Les volumes apparents des molécules LiCl, KBr, NaBr, KI, NaI ont été calculés d'après la méthode rappelée ci-dessus; pour déterminer les volumes apparents des ions, nous avons supposé que I^-, étant un gros ion, n'est pas solvaté et nous avons admis que son volume apparent est égal à son volume réel; ce nombre est d'ailleurs sensiblement égal au volume dans l'eau, qui est 66. Le volume du méthanol est 67,5 A^3 par molécule. Les valeurs de la solvatation sont indiquées dans la 5e colonne du tableau, les parenthèses se rapportent à des valeurs admises par hypothèse.

Solution dans l'acétophénone. — Les données utilisées ont été les mesures de Morgan et Lammert [10] et ne s'appliquent qu'aux molécules LiCl, LiBr, KI, NaI.

Nous avons déterminé les mobilités de Li^+ et I^- par application de la règle de Walden, $u_\infty \eta$ = etc., ce qui nous a donné, pour Li^+ $u = 14,77$, pour I^- $u = 19,7$; nous en avons déduit les mobilités des autres ions par la règle d'additivité $u_\infty + v_\infty = \Lambda_\infty$. Le volume de l'acétophénone est 194,7 A^3 par molécule. Les résultats obtenus sont :

Ion.	r (St.).	V (St.).	v app.	Solvatation.
Li^+	3,28	147,7	−30	1
Na^+	2,62	75,54	−28	≠1/2
K^+	2,72	90,87	−19	≠1/2
Cl^-	1,92	29,6	−	(0)
I^-	2,46	62,57	(62)	(0)

Le volume de Stokes de I^- étant encore voisin de 66, comme dans le cas précédent, nous avons supposé également que I^- n'est pas solvaté.

Les solvatations trouvées sont plus faibles dans le cas de l'acétophénone que dans celui du méthanol; ce résultat doit probablement s'expliquer par le fait que le moment dipolaire des acétones est beaucoup moins accessible que celui des alcools, comme l'ont déjà montré des mesures de polarisation d'orientation sur leurs solutions benzéniques.

La séance est levée à 15h30m.

L. B.

[7] *Zeits. für phys. Chem.*, 12, 1893, p. 401.
[8] *J. Am. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 1077.
[9] *Zeits. für phys. Chem.*, 123, 1926, p. 429.
[10] *J. Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 1126.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 AVRIL 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Représentation paramétrique bornée des opérateurs linéaires non bornés de l'espace hilbertien.* Note de M. GASTON JULIA.

1. J'ai indiqué dans une précédente Note que les opérateurs linéaires bornés de l'espace hilbertien $\mathcal{H}$ jouaient, par rapport à l'ensemble des opérateurs linéaires de cet espace, un rôle analogue à celui des fonctions entières par rapport aux fonctions analytiques d'une variable complexe, et à d'autres égards un rôle analogue à celui des fonctions uniformes par rapport aux fonctions multiformes. La représentation paramétrique *uniforme* simultanée d'une fonction analytique multiforme $y = F(x)$ et de la variable indépendante x, dont on connaît l'importance en théorie des fonctions, conduit à présumer l'existence d'une représentation paramétrique *bornée* simultanée pour un opérateur linéaire non borné AX et pour la variable indépendante X. C'est ce que nous allons effectivement démontrer pour tous les opérateurs linéaires *fermés* A dont le domaine d'existence D_A est partout dense, en particulier pour tous les opérateurs auto-adjoints.

2. On sait que tout opérateur linéaire fermé A peut se représenter par $A = BH$, où H est un opérateur auto-adjoint défini dans le même domaine D_A que H, B étant un opérateur borné (isométrique dans Δ_H). Le problème est ainsi ramené à celui qui concerne les auto-adjoints. Si A n'est pas borné, H ne l'est pas, et réciproquement.

Pour un opérateur auto-adjoint H, si λ fini n'est pas réel (et plus généralement s'il n'appartient pas au spectre de H), on sait que $H - \lambda$ possède un inverse borné K défini dans tout $\mathcal{H}$. On aura $H - \lambda = K^{-1}$, ou $H = \lambda + K^{-1}$, K étant de la quatrième classe $[n(KK^*) = n(K^*K) = 0]$ si H n'est pas borné.

En posant $X = KZ$, on voit que, lorsque Z décrit $\mathcal{H}$, X décrit Δ_K, domaine des valeurs de K, ou domaine d'existence de K^{-1}, avec correspondance biunivoque de X à Z, en sorte qu'à $X = 0$ ne corresponde que $Z = 0$. On aura $HX = HKZ = (\lambda + K^{-1})KZ = Z + \lambda KZ$, en sorte que $HK = 1 + \lambda K$ est un opérateur borné défini dans tout $\mathcal{H}$. Il en est de même de

$$AK = BHK = B + \lambda BK = K_1.$$

En définitive *la correspondance que l'opérateur* $Y = AX$, *linéaire fermé, établit entre* D_A *et* Δ_A *dans leur totalité, peut se représenter paramétriquement par* $X = KZ$, $Y = K_1Z = BZ + \lambda BKZ$, *à l'aide des deux opérateurs linéaires bornés* K *et* K_1 *définis dans tout* $\mathcal{H}$.

Lorsque A n'est pas borné, K est de la 4e classe. Examinons la classe de $K_1 = B(1 + \lambda K)$. On a $1 + \lambda K = HK$. Par ailleurs $\Delta_K = D_A = D_H$. Donc, le domaine des valeurs $\Delta_{1+\lambda K}$ de $1 + \lambda K$ est identique à celui de H qui est Δ_H : 1° Si Δ_H est fermé et identique à $\mathcal{H}$, $1 + \lambda K$ sera de 1re ou 2e classe; 2° si Δ_H est fermé sans remplir $\mathcal{H}$, $1 + \lambda K$ sera de 3e classe; 3° si Δ_H n'est pas fermé, $1 + \lambda K$ sera de 4e classe. (Le 1er cas se produit si $\lambda = 0$ n'appartient pas au spectre de H.) B étant isométrique sur $\Delta_H = \Delta_{1+\lambda K}$; il est clair que $\Delta_{BH} = \Delta_A = \Delta_{K_1}$ aura le même caractère (1°, 2° ou 3°) que $\Delta_H = \Delta_{1+\lambda K}$. K_1 sera donc de 1re ou 2e classe si $\Delta_H = \Delta_A = \mathcal{H}$; il sera de 3e classe si Δ_A est fermé sans remplir $\mathcal{H}$; il sera de 4e classe si Δ_A n'est pas fermé.

3. Nous examinerons ultérieurement la réciproque de la propriété précédente, savoir : dans quelles conditions la représentation paramétrique $X = KZ$, $Y = K_1Z$ par deux opérateurs linéaires bornés K et K_1 fournit-elle un opérateur linéaire $Y = AX$, borné ou non. Mais nous remarquerons pour conclure que l'analyse précédente montre l'identité des domaines d'existence D_A des opérateurs linéaires fermés avec les domaines de valeurs Δ_K des opérateurs bornés de 4e classe sans zéro hors de l'origine. Nous avons antérieurement caractérisé ces domaines ([2]). Pour chacun d'eux existe une suite infinie de vecteurs $A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$, tels que D_A ou Δ_K soit composé des points X qui font converger la série $\Sigma|(A_n, X)|^2$; la question de la substitution aux A_i d'une autre suite A'_i sans altération du domaine de convergence de $\Sigma|(A_n, X)|^2$ sera examinée ultérieurement.

M. **Ernest Esclangon** fait hommage à l'Académie de son *Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire de Paris pour l'année* 1938 et *l'année* 1939.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *L'Agriculture coloniale. Origines et évolution.*

CORRESPONDANCE.

HYDRAULIQUE. — *Sur le calcul graphique des intumescences de hauteur finie.* Note de M. **André Fortier**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai indiqué ([1]) comment on peut étudier, par la méthode graphique Schnyder-Bergeron, la propagation d'intumescences de faible hauteur dans un

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 465-468.

([1]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 395.

canal ou une rivière prismatique en tenant compte des pertes de charge. Or, dans beaucoup de problèmes pratiques, la variation totale de profondeur due à l'intumescence est grande par rapport à la profondeur d'eau initiale, mais les déplacements de la surface libre dans une section sont suffisamment lents pour qu'à tout instant le mouvement de l'eau soit très voisin d'un mouvement permanent dans une section et d'un mouvement uniforme ou très graduellement varié d'une section à l'autre. Il est encore possible, dans ce cas, de traiter complètement le problème par la méthode graphique sans négliger la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau, vitesse qui peut être grande devant la célérité des ondes.

L'étude de la propagation d'une intumescence dans un canal avec pertes de charge se ramène, comme je l'ai montré, à une étude de propagation sans pertes de charge en remplaçant le canal réel par un canal fictif *en escalier* constitué par une série de biefs horizontaux, terminés par des résistances hydrauliques convenables. Je m'en tiendrai donc au cas d'un canal prismatique horizontal sans frottements.

Les équations du mouvement non permanent graduellement varié dans un tel canal s'écrivent

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \Sigma}{\partial t} + \dfrac{\partial Q}{\partial s} = 0, \\ -g\dfrac{\partial Z}{\partial s} = U\dfrac{\partial U}{\partial s} + \dfrac{\partial U}{\partial t}, \end{cases}$$

en désignant par Σ la surface de la section mouillée, Q le débit, Z la cote de la surface libre au-dessus d'un plan horizontal de référence et U la vitesse moyenne dans une section d'abscisse S et à l'instant t. A un instant t_0 et au voisinage d'une section donnée A_0, le mouvement de l'eau est voisin d'un mouvement uniforme ou très graduellement varié correspondant aux valeurs Σ_0, Q_0, Z_0 et U_0 des variables. Soient Σ, Q, Z et U, les valeurs de ces mêmes variables à un instant voisin de t_0 et dans une section voisine de A_0, nous pouvons écrire

$$\Sigma = \Sigma_0 + \sigma, \qquad Q = Q_0 + q, \qquad Z = Z_0 + h, \qquad U = U_0 + u.$$

En négligeant les termes $u(\partial u/\partial s)$ et $u(\partial U_0/\partial S)$, produits de quantités très petites, les équations (1) deviennent

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \sigma}{\partial t} + \dfrac{\partial q}{\partial s} = 0, \\ -g\dfrac{\partial h}{\partial s} = U_0\dfrac{\partial u}{\partial s} + \dfrac{\partial u}{\partial t}. \end{cases}$$

Soient l_0 la largeur en surface du canal et $y_0 = \Sigma_0/l_0$ la profondeur moyenne dans la section A_0 à l'instant t_0; σ et q ont respectivement les valeurs $\sigma = l_0 h$;

$q = l_0 h U_0 + \Sigma_0 u$. Portant dans (2), nous obtenons

$$(3)\quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\partial h}{\partial t} + U_0 \dfrac{\partial h}{\partial s} + y_0 \dfrac{\partial u}{\partial s} = 0, \\ U_0 \dfrac{\partial u}{\partial s} + \dfrac{\partial u}{\partial t} + g \dfrac{\partial h}{\partial s} = 0. \end{array} \right.$$

Effectuant le changement de variables $S' = S - U_0 t$, le système (3) se ramène au système classique

$$\frac{\partial h}{\partial t} + y_0 \frac{\partial u}{\partial s'} = 0,$$
$$\frac{\partial u}{\partial t} + g \frac{\partial h}{\partial s'} = 0,$$

dont les intégrales générales sont

$$(4)\quad \left\{ \begin{array}{l} h = \mathrm{F}(s' - at) + f(s' + at), \\ u = \dfrac{g}{a}[\mathrm{F}(s' - at) - f(s' + at)], \end{array} \right.$$

en posant $a = \sqrt{g y_0}$.

Rappelons qu'il est facile de démontrer à partir des équations (4) le résultat fondamental suivant : pour un observateur animé de la vitesse $\pm a$, parti de la section A_0 au temps t_0 et arrivant à l'instant t dans une section où la vitesse moyenne est U et la cote de la surface libre Z, il existe une relation linéaire entre $U - U_0$ et $Z - Z_0$; cette relation s'écrit $U - U_0 = -a/g(Z - Z_0)$ lorsque l'observateur se déplace dans le sens positif et $U - U_0 = + a/g(Z - Z_0)$ lorsqu'il se déplace dans le sens négatif. Mais ici l'observateur est animé de la vitesse $\pm a$ par rapport à des axes mobiles animés eux-mêmes de la vitesse U_0 par rapport au canal. Au cours des constructions graphiques et pour calculer les durées de trajet des observateurs entre des sections fixes sur le canal, il faut donc prendre comme vitesses des observateurs $a + U_0$ dans le sens positif et $a - U_0$ dans le sens négatif. D'autre part la démonstration précédente suppose que les sections considérées du canal sont voisines de A_0 et les temps peu différents de t_0; on est donc amené à diviser le canal en un certain nombre de biefs suffisamment courts pour que les variations de niveau soient faibles pendant la durée des trajets d'un observateur entre les extrémités d'un même bief.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Carte synoptique et nomographique de classification et calcul des caractéristiques et des diagrammes comparés des matériaux simples, composites, isotropes et anisotropes.* Note [1] de M. **Raymond de Fleury**, présentée par M. Albert Caquot.

Cette Note forme une cinquième suite [2] aux travaux confiés par les Services Techniques du Ministère de l'Air.

---

[1] Séance du 23 mars 1942.

[2] *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 662; **211**, 1940, p. 457; **212**, 1941, p. 781; **214**, 1942, p. 55.

20. *Coordonnées.* — Considérons le réseau quadrangulaire bien connu sous sa forme générale $x^\alpha y^\beta = z^\gamma$, d'échelle logarithmique (précision relative constante sur toute sa surface). Gradué en OX de 10^{-2} à 10^5 et en OY de 10^{-3} à 10^1, le champ suffit surabondamment à classer *sur un seul point* défini par l'intersection des coordonnées, les trois propriétés suivantes de *tout corps solide connu*, en l'un quelconque de ses états instantanés ou l'une de ses orientations : le module de Young M en abscisse, *l'allongement élastique* E/M en ordonnée, la contrainte élastique E cotée sur la ligne de croisement à 45°. En effet, ces valeurs sont reliées par la *relation évidente* (E/M).M = E. La limite de l'allongement élastique E/M explicité y conditionne *la relativité des taux de sécurité* de deux corps juxtaposés, assujettis à de mêmes composantes de déformations parallèles aux surfaces de contact. Cette simple remarque supprime dès lors tout calcul : il n'est jusqu'au coefficient fondamental r de réduction en $(E/M)_P$ minimum du 17 qui n'impose automatiquement à l'échelle nomographique *sa mesure limitative* des résistances utiles par l'horizontale ou la tangente au point bas du diagramme, ici linéaire, d'une superposition d'éléments ou d'orientations structurales.

21. *Figuration et classification.* — Pour situer l'influence d'un facteur sur un corps, il suffit donc de reporter par transparents mobiles sur la carte tel diagramme au choix, calculé ou expérimental, coté par telle variable de traction, de flexion, d'écrouissage, d'orientation, de précontrainte résiduelle fortuite ou calculée, de températures, de rapports de modules, de vitesses d'applications des efforts, de teneurs, de conditions de fabrication ou d'emploi, etc. L'ensemble se prête de façon remarquable à constituer pour chaque corps sa fiche complète, à la fois *de spécification naturelle et de classement.*

22. *Sur la méthode des recherches et calculs.* — A ce stade, les diagrammes vectoriels calculés des 16 et 17 transposés nomographiquement en une seule ligne, après nous avoir servi à définir le cadre et les échelles, constituent en quelque sorte des *allures d'origine* du fait qu'ils sont établis sur la base d'hypothèses étroitement circonscrites, mais *toujours rectifiables* vis-à-vis des facteurs que la discussion des faits ou des formules fera intervenir. Dès lors, avant même d'avoir à définir ces facteurs et leurs fonctions, ce sont les courbes expérimentales totalisant en bloc leurs effets complexes, divergents ou compensateurs, qu'il convient d'introduire sans délai dans la nomographie. Les marges des *approximations successives et réciproques,* resserrées de proche en proche, sont ainsi appliquées de la façon la plus expéditive entre la synthèse expérimentale et l'hypothèse.

23. *Champ synoptique des zones d'existence des matériaux d'après l'expérience et de figuration des structures réelles ou hypothétiques.* — Les différences ou les similitudes des corps et des allures se révèlent donc, *à leur échelle de relativité*, par perception directe et *en grandeur par lecture.* Elles se repèrent par

rapport à quelques pôles, mettons quatre, choisis aux extrêmes en première approximation comme exemples et aux limites : *a. pôle de module minimum* en matériau homogène (choix du caoutchouc feuille anglaise de module 0,100 kg/mm² et d'allongement élastique voisin de 1000 %); *b. pôle de module maximum* en matériau homogène (choix de l'acier de module 20000 kg/mm² et d'allongement élastique inférieur à 1 %); *c. pôle de structure élémentaire* symétrique à deux matériaux homogènes (choix des stratifications de nos calculs indimensionnels des 16 et 17); *d. pôle de structure complexe* imprécisée en ses éléments (eux-mêmes anisotropes et cellulaires, à trois axes), mais non arbitraire, au titre d'épreuve de la méthode (choix d'un bois dont l'espèce botanique impose la texture jusque dans les contre-plaqués imprégnés comprimés qui se situent entre *c* et *d*).

24. *Première vue d'ensemble.* — Dans l'ordre des relativités, les caoutchoucs, des souples aux fermes, *occupent à eux seuls* 50 % du champ utile : $2.10^{-2} < M < 10^{1}$. Puis les corps moyens, plastiques, bois, fibres cellulosiques *occupent encore* 36 % du champ $2.10^{1} < M < 3.10^{3}$. Enfin tous les métaux usuels du magnésium aux aciers inclus, *n'occupent que* 14 % *du champ* : $4.10^{3} < M < 2.10^{4}$ avec une monotonie des allures qui fait contraste avec leur variété dans les autres zones. Synoptiquement tous les matériaux utilisables en mécanique appliquée se répartissent, par ordre des modules croissants et corrélativement des allongements élastiques décroissants, sur une largeur uniforme définie sur l'échelle à 45° par une valeur E_{max}/E_{min} constante d'environ 10^{2} d'orientation définie par la droite qui, aux abscisses extrêmes ($10^{-1} < M < 2.10^{-4}$), relie les deux ordonnées correspondantes, soit respectivement 10 (caoutchouc feuille anglaise) et 10^{-2} (corde à piano). Il y a plus : ceux des corps intercalaires qui présentent relativement à leurs voisins les plus grands rapports d'allongements élastiques à modules (cohésion moléculaire de fils, écrouissage, traitements thermiques) situent leurs sommets de façon quasi rigoureuse sur cette même droite, laquelle semble définir pour ces corps une loi $(E/M)^{2}.M = \text{const.}$, qui, exprimée sous la forme $(E/M).E$, indiquerait une constance du travail absorbable élastiquement par unité de volume (caoutchouc, cellulose, verre, acier). Bref, *il n'y a pas de discontinuité* (hors celle de quanta d'ordre moléculaire ou structural) dans la ligne jalonnée par les sommets entre les plus bas et les plus hauts modules. Soulignons dès maintenant que cette observation des faits *s'est révélée fondamentale.* Par voie de comparaison des allures des divers matériaux en chacun des pôles, elle conduit en retour à dégager avec une simplicité graphique déconcertante et inespérée des singularités et des lois bien imprévues dans l'interprétation et la mesure du rôle naturel des coefficients de Poisson, voire de l'anisotropie.

ÉLECTRICITÉ. — *Arcs électriques sous très hautes pressions gazeuses.* Note de M. JAMES BASSET, présentée par M. Albert Caquot.

Pour poursuivre mes recherches sur les états du carbone [1], j'ai réalisé un arc électrique pour étudier dans le cratère, sous très hautes pressions gazeuses, les températures de fusion et d'ébullition du carbone.

Les travaux des chercheurs ayant réalisé des arcs sous quelques dizaines de kg/cm² [2] pouvaient faire supposer que des tensions considérables seraient nécessaires pour obtenir un arc électrique stable sous des pressions de plusieurs milliers de kg/cm².

Une série de quelques essais préliminaires, effectués en 1933 avec un arc électrique à allumage par solénoïde, m'avait montré que la tension nécessaire aux bornes d'un arc à électrodes de graphite, amorcé en atmosphère d'azote sous 9000 kg/cm², ne dépassait pas quelques centaines de volts; mais le dispositif mécanique rudimentaire qu'il m'avait été possible de loger dans mes presses, et l'absence de courant continu à tension moyenne ne permettaient pas d'obtenir des arcs d'une durée suffisante pour effectuer des mesures correctes.

J'ai réalisé, dans une nouvelle chambre de 40^{mm} de diamètre, un arc alimenté par une dynamo à courant continu à 600 V pouvant débiter 10 A.

Les électrodes + et — de $2^{mm},2$ et $1^{mm},8$ de diamètre sont perpendiculaires; la positive est horizontale. Des fenêtres permettent d'observer la région du cratère, de mesurer optiquement la température, et de prendre des photographies ou des spectrogrammes. La description de cet ensemble fera l'objet d'un Mémoire plus détaillé.

J'ai constaté les faits suivants dans des arcs ayant fonctionné sous des pressions allant de la pression atmosphérique jusqu'à 9000 kg/cm² dans l'azote ou l'argon.

Pression de l'azote (kg/cm²)	450	600	3100
» l'argon »	–	–	2700
Chute de tension (V) aux bornes de l'arc	65 (*)	80 à 85	100 à 120

(*) permettant d'assurer un régime stable pour une intensité de 6 à 8 A.

Lorsque l'arc s'allonge, la chute de tension monte à environ 250 V pour un arc de 1^{mm} pour croître presque instantanément à 600 V au moment de l'extinction, une résistance placée en série complète le circuit de l'arc et permet les réglages. La haute tension du générateur est utile pour faciliter

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 267; *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 217.

(2) LUMMER, *Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur*, Braunschweig, 1914; KOHN et GUCKEL, *Z. Physik*, 1924, p. 341; *Naturwiss.*, 12, 1924, p. 139; ROCHAN ZAER, *Thèse Doct. Sc. Phys.*, n° 2442, Fac. Sc. Paris, 1935.

l'allumage et fournir les surtensions nécessaires pour surmonter les incidents de fonctionnement.

Il est possible d'obtenir un allumage correct et un fonctionnement satisfaisant avec une génératrice de 220 V. Avec des intensités plus fortes et des électrodes plus grosses le régime de l'arc pourrait être différent.

Le diamètre du cratère est faible, de l'ordre de 1^{mm}. Sous 2000 kg/cm², il a été possible d'obtenir un arc stable de $0^{mm},5$ à 1^{mm} de longueur permettant, pendant de courts instants, l'observation de la région centrale du cratère.

Des mesures de température, effectuées difficilement au pyromètre à disparition de filament à écrans absorbants spécialement étalonné, permettent d'estimer la température des régions voisines du centre du cratère d'un arc sous 1500 kg/cm² d'azote à environ 5000 degrés.

La puissance dissipée dans le cratère, de l'ordre de 1000 watts, est localisée, dans un volume d'environ 4 à 5^{mm^3}, et la très haute température d'ébullition du carbone sous la pression expérimentée est atteinte dans le cratère.

L'évaporation du carbone produit une usure très rapide des électrodes. L'arc est mis presque instantanément en température en raison des très faibles dimensions des électrodes et l'électrode positive s'use en une dizaine de secondes. L'électrode négative est peu usée, et même, dans certains cas, nourrie par un transport de carbone de l'électrode positive.

Le carbone évaporé se condense sous forme de flocons de graphite extrêmement légers.

Il n'a pas été constaté en aucun point de dépôt de carbone cristallisé sous une autre forme que le graphite.

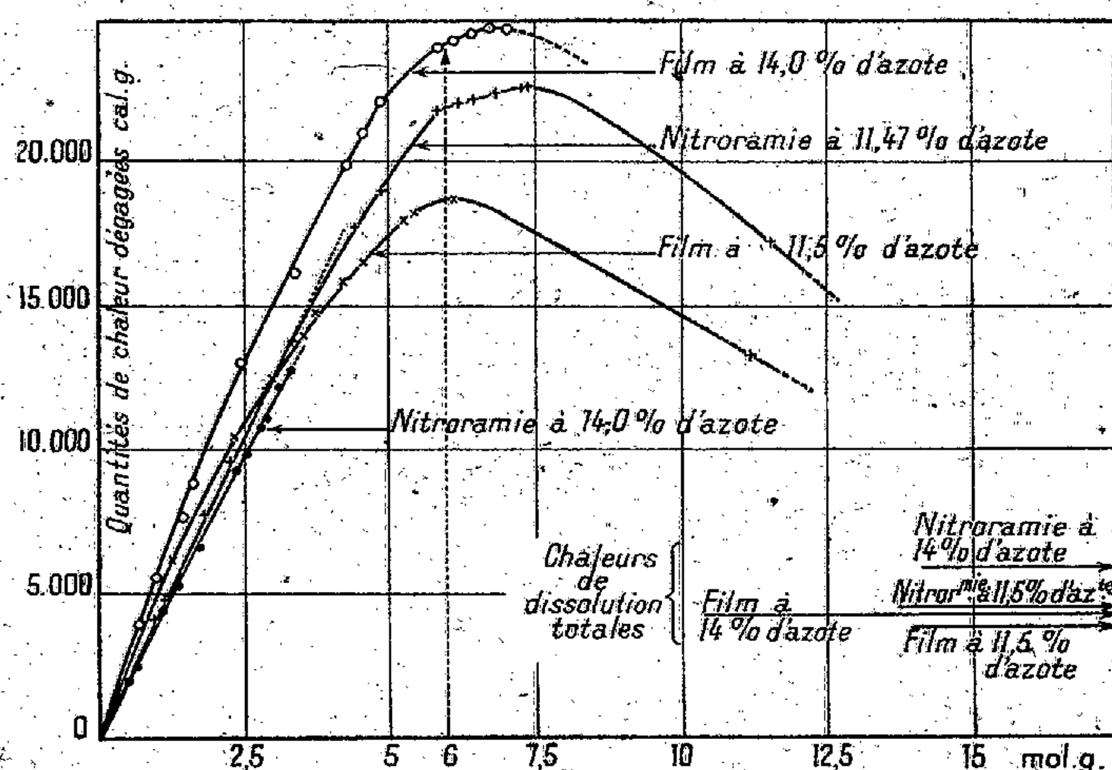
Des essais ont été faits avec des électrodes de carbure de tantale et de tungstène sous pression d'azote variant de 2000 à 9000 kg/cm². Après quelques instants de fonctionnement, l'arc est interrompu par un dépôt d'azotures ou de carbures isolants cristallisés, à très haut point de fusion, dont la composition n'a pas été déterminée.

Une fenêtre d'observation combinée avec un spectrographe (le tout à optique de quartz) a été montée pour permettre la prise de spectrogrammes du cratère. Ces essais ont dû être interrompus. Je pense pouvoir les reprendre et apporter plus de précision dans les mesures grâce à une régulation automatique de l'arc, qui, dans ces expériences, était réglé par un ensemble mécanique commandé électriquement de l'extérieur.

PHYSICOCHIMIE. — *Gélatinisation des nitrocelluloses. Chaleurs d'absorption de l'acétone par des fibres et des films de nitrocellulose.* Note de M. ÉDOUARD CALVET, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai pu reproduire, avec des films de nitrocellulose à 14 % et à 11,5 % d'azote, les expériences que j'avais entreprises avec les nitroramies de même taux

d'azote [1]. Les résultats sont représentés par le graphique ci-dessous. L'examen de ces courbes confirme la présence d'un *maximum* très accusé de l'effet thermique qui se produit *un peu après l'adsorption de 6 molécules d'acétone par chaînon* C^6. Au delà de cette concentration, on observe une diminution brusque de la pente des courbes. Ce fait très remarquable *ne dépend pas du nombre des groupements* NO^2 *fixés sur la cellulose; il est le même pour les di- et les trinitrocelluloses, qu'elles se présentent en fibres ou en films.* L'effet thermique qui correspond à ce maximum est considérable. Il est, par chaînon C^6, de 22680 cal-g pour les nitroramies à 11,5 % d'azote; de 24700 cal-g pour le film à 11,5 % d'azote; de 18600 cal-g pour le film à 14 % d'azote. On remarque que *la pente des courbes à l'origine* est sensiblement la même pour les nitroramies à 14 % et à 11,5 % d'azote et correspond à environ 80 cal par gramme d'acétone adsorbé; elle est un peu plus grande pour les films (90 cal-g par gramme d'acétone absorbé). Les courbes ne présentent *pas de particularités pour la fixation de 1 molécule d'acétone par chaînon* C^6, *en dehors d'une légère diminution de la pente, qui a sa plus grande valeur à l'origine.*



J'ai mesuré les chaleurs de dissolution totale au moyen du dispositif calorimétrique décrit dans un précédent Mémoire [2]. Les résultats obtenus sont les suivants :

Corps dissous.			Chaleur de dissolution totale par gramme de corps dissous.	Chaleur de dissolution totale par chaînon C^6.
Nitroramie à	14,0 %	d'azote.........	+19,5 cal-g	5750 cal-g
»	11,5	»	+17,5 »	4500 »
Film	14,0	»	+14,5 »	4280 »
»	11,5	»	+15 »	3850 »

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 126.
(2) *Ann. Fac. Sciences de Marseille*, 11e série, 15, 1, 1941.

On remarque : 1° que les chaleurs de dissolution totale trouvées (toutes positives) sont plus grandes dans le cas des fibres que dans celui des films; 2° que les chaleurs de dissolution totale sont plus grandes pour les celluloses trinitrées que pour les celluloses dinitrées. De la première remarque, on peut conclure que l'état *film* est plus stable que l'état fibre.

Au début de l'adsorption d'acétone par les nitroramies, on constate que la chaleur dégagée par gramme d'acétone adsorbée est d'environ 80 cal-g et ne dépend pas du degré de *nitration de la nitrocellulose*. J'ai ainsi été conduit à mesurer la quantité de chaleur produite par l'adsorption d'acétone par de la cellulose pure non nitrée. Le coton est insoluble dans l'acétone, mais il est susceptible d'adsorber à la température de 17° près de 10 % de son poids d'acétone. Dans nos expériences, la fixation de 15^{mg} d'acétone par environ 200^{mg} de coton sec demandait environ 24 heures. Le dégagement de chaleur est de 85 cal-g *par gramme d'acétone adsorbé*, nombre très voisin de celui qui a été trouvé au début de l'adsorption d'acétone par les nitrocelluloses. Il convient cependant de dire que cette absorption d'acétone sur la cellulose se présente comme une adsorption et dépend beaucoup de l'état de la phase solide fibreuse.

Il semble difficile d'expliquer la différence de solubilité de la cellulose et des nitrocelluloses dans l'acétone par une plus grande affinité des dernières pour le solvant, mais seulement par le fait que la présence des radicaux NO^2 diminue l'énergie de liaison des molécules de cellulose et facilite leur dispersion dans les solvants. La nitration produit, en effet, un écartement des chaînes de glucose et, par conséquent, un relâchement des molécules ([3]). Cet écartement commencé par la nitration se poursuit sous l'action de l'acétone jusqu'à la dispersion complète.

D'autre part, toutes ces expériences ne peuvent étayer l'affirmation de Kargin et Papkov ([4]) suivant laquelle les molécules d'acétone se fixeraient sur les groupements NO^2.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action des hormones dérivées des stérols sur le rein chez la Souris.* Note de M. **Pierre Feyel**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de ces dernières années, divers auteurs ([1]) ont étudié l'action des hormones sexuelles sur l'appareil rénal. Ils ont mis en évidence, dans quelques

([3]) Mlle Th. Petitpas, *J. Chim. Phys.*, 37, 1940, pp. 6-18.

([4]) *Acta Physicochimica U. R. S. S.*, 3, 1933, p. 839.

([1]) V. Korenchevsky et M. Dennison, *Bioch. Journ.*, 28, 1934, p. 1474 et 1486; H. Selye, *Journ. of Urol.*, 42, 1939, p. 637; C. A. Pfeiffer, V. M. Emmel et W. U. Gardner, *Yale Journ. of Biol. a. Med.*, 12, 1940, p. 493; V. Korenchevsky et M. A. Ross, *Brit. Med. Journ.*, 1, 1940, p. 645

cas, chez le Rat, mais surtout chez la Souris, des augmentation plus ou moins importantes du poids du rein à la suite d'injections de testostérone ou de mélanges de testostérone et de folliculine. Nous avons repris systématiquement cette étude chez des Souris blanches adultes, mâles et femelles, en recherchant, d'une manière plus générale, l'action de diverses hormones, toutes dérivées des stérols : le propionate de testostérone, le benzoate d'œstradiol, la progestérone et l'acétate de désoxycorticostérone. Nous avons enfin comparé l'action de ces différentes hormones avec celle que pouvait présenter le cholestérol. Les résultats que nous publions ont tous été obtenus à la suite d'un traitement d'une durée totale de deux semaines, à raison de trois injections par semaine. Les substances étudiées ont toutes été utilisées en solution dans l'huile d'olive, de telle sorte que les quantités d'huile injectées étaient chaque fois de 2/10 de centimètre cube. Nous avons également, à titre de contrôle, étudié une série d'animaux qui ont reçu de l'huile d'olive pure dans les mêmes conditions que les autres, et pendant le même temps.

Nos recherches ont porté à la fois sur les variations de poids des reins, que nous publions ici, et sur les modifications histologiques. Nous avons toujours réservé le rein gauche pour l'étude histologique, tandis que le rein droit était pesé, d'abord à l'état frais, puis après dessiccation à poids constant. Nous avons préalablement vérifié que les résultats obtenus sont parfaitement comparables au niveau des deux reins. Les variations du poids du rein apparaissent plus nettement lorsqu'on les rapporte à l'unité de poids corporel. Nous avons donc défini des rapports obtenus en divisant le poids du rein droit (multiplié par 1000 pour plus de commodité) par le poids du corps; nous

	Substance injectée.	Dose totale par animal en mg.	Nombre d'animaux.	Poids moyen des souris en g.	Poids moyen en mg.				% d'augmentation.		Approximation en %.	
					Rein frais.	Rein sec.	R_f.	R_s.	R_f.	R_s.	R_f.	R_s.
♂	T......	–	30	24	183,3	42,6	7,6	1,8	–	–	4,5	5,5
♂	H......	–	9	22	163,6	38	7,4	1,7	(*)	(*)	–	–
♂	C......	1200	7	25,7	173	42,5	6,7	1,7	(*)	(*)	–	–
♂	P......	30	18	24,4	228	53	9,4	2,2	23,7	22,2	7,1	6,4
♂	B......	6	9	27,5	173	41	7,7	1,8	(*)	0	–	–
♂	P + B.	30 + 6	10	25	289	56,4	11,5	2,3	51,3	27,8	10,3	9,5
♂	A......	12	19	25,5	203,2	48,1	7,9	1,8	(*)	0	–	–
♀	T......	–	30	22,2	137,1	31,1	6,1	1,4	–	–	5,9	6
♀	C......	1200	9	23,2	148,4	33,3	6,3	1,4	(*)	0	–	–
♀	P......	30	6	19,5	157,5	39	8,1	2	32,7	42,8	11,2	10,5
♀	B......	6	17	20	193,7	42	9,6	2,1	58,2	50	10,5	8,9
♀	P + B.	30 + 6	10	23,7	234	51,6	9,8	2,1	61,5	50	8,8	8,7
♀	Prog...	12	18	22,7	174,3	39	7,7	1,7	26	(*)	13,4	–

T, témoins. — H, huile d'olive pure. — C, cholestérol. — P, propionate de testostérone. — B, benzoate d'œstradiol. — A, acétate de désoxycosticostérone. — Prog, progestérone. — (*) non significatif.

appelons R_f le rapport obtenu à partir du poids du rein frais et R_s le rapport obtenu à partir du poids du rein sec. L'application des formules statistiques de Fisher nous a montré que ces rapports présentaient, chez les témoins, une précision suffisante pour servir de base de comparaison. Nous avons également éliminé les variations non significatives et précisé le degré d'approximation de celles qui l'étaient.

Nos résultats se dégagent d'eux-mêmes du tableau. Une augmentation réelle du poids du rein (c'est-à-dire une augmentation intéressant aussi bien le rein sec que le rein frais) apparaît, chez les mâles, à la suite d'injections de testostérone et cette augmentation est plus importante lorsqu'on associe la folliculine à la testostérone. Ces résultats sont conformes à ceux des auteurs précédents, mais nous avons pu établir que, chez ces mêmes mâles, la folliculine seule n'a pas d'action sur le poids du rein. Les résultats sont tout autres chez les femelles, qui se révèlent nettement plus sensibles à l'action hormonale. Chez ces animaux, en effet, la testostérone produit une augmentation du poids du rein plus forte que chez les mâles; mais l'action de la folliculine est encore plus forte et sensiblement égale à celle du mélange des deux hormones. Parmi les substances étudiées, seules la testostérone et la folliculine présentent une action réelle; la progestérone ne produit, chez les femelles, qu'une augmentation du poids du rein frais, qui ne se retrouve pas sur le rein sec et ne tient donc pas à une augmentation du parenchyme rénal. L'acétate de désoxycorticostérone ne produit aucune variation de poids, l'action du cholestérol est également nulle.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le système oxydasique de la farine de blé et l'action de l'acide ascorbique et de la pulpe de betterave dans la pâte boulangère.* Note (¹) de MM. Raymond Guillemet, Georges Sonntag et Mlle Paule Hamel, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours de ces dernières années, les praticiens ont maintes fois constaté que l'addition d'acide ascorbique à la farine boulangère améliore les qualités plastiques de la pâte en même temps qu'elle provoque une absorption d'eau supplémentaire et la rétention de cette eau au four.

Les résultats obtenus sont indépendants de la dose d'acide ascorbique ajoutée; ils sont les mêmes si l'on remplace l'acide ascorbique par sa forme oxydée (acide déhydroascorbique). La pulpe de betterave fourragère provoque la même amélioration, d'une manière d'ailleurs plus accentuée.

Il ne saurait être question d'invoquer une action de gonflement sur le gluten : le pH de la pâte n'est pas modifié par l'acide ascorbique; celui de

---

[1] Séance du 30 mars 1942.

la pulpe de betterave est voisin de 4,5. En présence d'acide ascorbique, le rH de la pâte conserve sa valeur habituelle de 14 environ.

Potel ([2]) a signalé qu'une faible quantité d'eau oxygénée est un améliorant de la pâte boulangère. Jorgensen ([3]) a expliqué l'effet améliorant en panification de doses minimes de substances oxydantes (bromates, persulfates, perborates etc.) par leur action inhibitrice sur les diastases protéidolytiques. Le résultat serait d'éviter la dislocation du gluten qui conserverait pendant toute la durée de la fermentation panaire ses propriétés élastiques et sa capacité de retenir l'eau absorbée. Tout en constatant l'effet analogue de l'acide ascorbique, Jorgensen se demande comment une substance réductrice peut inhiber des protéidases végétales.

Nous apportons une contribution à la solution de ce problème par la mise en évidence des faits suivants :

1° L'existence dans la farine d'une oxydase capable d'oxyder l'acide ascorbique ([4]) et d'une oxydase encore plus active dans la pulpe de betterave ([5]).

2° L'existence d'une peroxydase : la réaction au gaïacol et celle de Kastle-Meyer sont positives sur un extrait aqueux de farine et sur la pulpe de betterave.

Sans addition d'eau oxygénée, la réaction au gaïacol est négative; celle de Kastle-Meyer ne se manifeste que faiblement au bout d'une demi-heure dans un extrait de farine, mais elle est immédiate si cet extrait est additionné d'acide ascorbique. Dans la pulpe de betterave, et toujours sans addition d'eau oxygénée, la réaction de Kastle-Meyer est à peine positive, même en présence d'acide ascorbique.

Il se formerait donc de l'eau oxygénée dans l'extrait de farine additionné d'acide ascorbique. Il n'est pas étonnant que cette eau oxygénée soit détruite rapidement dans la pulpe de betterave exposée à l'air, dont le rH devient voisin de 24.

3° L'addition d'eau oxygénée au milieu augmente le taux de l'acide ascorbique oxydé : les peroxydases de la farine et de la betterave sont susceptibles d'oxyder l'acide ascorbique en présence d'eau oxygénée, comme Tauber ([6]) l'a démontré pour celle du raifort.

4° Si le milieu est privé d'oxygène il ne se fait aucune oxydation de

---

([2]) *Bull. des Anc. Élèves de l'École française de Meunerie*, n°s 46-48, 1936, pp. 40-43 et 91-94.

([3]) *Biochem. Z.*, 380, 1935, p. 1.

([4]) Dosé par le 2.6-dichlorophénol-indophénol à pH 2,5.

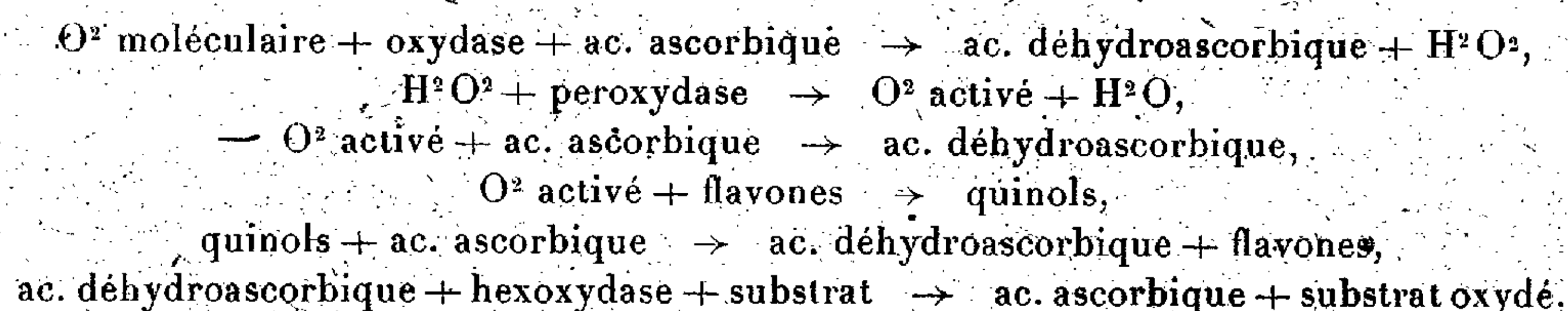
([5]) La présence d'oxydase dans la racine de betterave a été signalée par Gabriel Bertrand dès 1896 (*Bull. Ass. Chim. Sucr. et Distill.*, 14, 1896, p. 89).

([6]) *Enzymologia*, 1, 1936, p. 209.

l'acide ascorbique; cette oxydation reprend par addition de traces de perhydrol.

Ajoutons à cela que M. C. Markley et C. H. Bailey ([7]), et A. G. Simpson ([8]) ont montré l'existence de flavones dans la farine de blé.

De sorte qu'on se trouve en présence d'un système oxydasique tel que Szent-Gyorgyi ([9]) l'a conçu chez les végétaux. Dans la farine, il ne manquait que l'acide ascorbique pour qu'il puisse jouer. On peut le schématiser par la suite des réactions suivantes :



O^2 moléculaire + oxydase + ac. ascorbique → ac. déhydroascorbique + H^2O^2,
H^2O^2 + peroxydase → O^2 activé + H^2O,
O^2 activé + ac. ascorbique → ac. déhydroascorbique,
O^2 activé + flavones → quinols,
quinols + ac. ascorbique → ac. déhydroascorbique + flavones,
ac. déhydroascorbique + hexoxydase + substrat → ac. ascorbique + substrat oxydé.

Dans la pulpe de betterave, renfermant de l'acide ascorbique ([10]), le système oxydasique est complet; il vient renforcer celui de la farine en même temps qu'il lui apporte le donateur d'hydrogène qui manquait. Il est d'ailleurs à remarquer que d'autres substances possédant le groupe diénol et un rH convenable seraient susceptibles de jouer le même rôle que l'acide ascorbique.

Sur la nature exacte de l'action exercée par ce système oxydasique et l'eau oxygénée sur les protéidases de la pâte, on ne peut faire que des hypothèses. Bersin et Logemann ([11]) ont montré que la papaïne est inactivée par l'eau oxygénée; ils la réactivent en présence de succinodéhydrase et d'acide succinique; d'autre part, ils l'inactivent partiellement par la même déhydrase en présence d'acide fumarique; ils ajoutent que, par un choix judicieux de l'accepteur d'hydrogène et des substances tampons, on arriverait certainement à inactiver totalement la papaïne active.

On peut supposer que l'acide déhydroascorbique joue précisément ce rôle d'accepteur dans l'inactivation des protéidases de la farine et surtout de celles de la levure; nous essaierons de mettre en évidence cette inactivation et de la relier à l'évolution des propriétés physicochimiques du gluten.

([7]) *Cereal Chem.*, 12, 1935, p. 40.

([8]) *Cereal Chem.*, 12, 1935, p. 559.

([9]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, pp. 846-858.

([10]) Présence signalée par divers auteurs; il s'agit en tout cas d'une substance réduisant le 2.6-dichlorophénol-indophénol, et c'est surtout cela qui nous intéresse ici.

([11]) *Z. physiol. Chem.*, 220, 1933, p. 209.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude d'un* Actinomyces *chromogène*. Note de M. AUGUSTE SARTORY.

L'*Actinomyces* qui fait l'objet de cette Note a été isolé en même temps que l'*Actinomyces ondulans* (¹) d'expectorations provenant d'un malade suspect de tuberculose pulmonaire. Cette espèce est un aérobie strict sécrétant un pigment violet. Pour avoir une idée exacte du parasite, nous l'avons cultivé en goutte pendante pour en connaître la morphologie véritable.

Culture en goutte pendante. — Au bout de 48 heures à la température de 26-28° sur bouillon maltosé, nous constatons que les filaments d'abord très menus s'allongent et forment des sortes de lignes brisées, dont chaque angle est occupé par un espace très clair. Ces filaments mesurent $0^{\mu},5$ de large, leur longueur est variable et peut atteindre 2^{mm}. Les filaments sont toujours immobiles et portent des ramifications latérales irrégulièrement distribuées. Ces ramifications, imprégnées de pigment violet, naissent sur les côtés du filament principal. Sur un même filament, on observe toute une série de ramifications dont certaines se renflent en massue, d'autres sont surmontées de petites chaînettes d'arthrospores. Le nombre des grains est variable et peut atteindre 12 à 15 éléments. Les plus gros mesurent $0^{\mu},8$ de diamètre. Nous n'avons jamais observé de formes tortillons, ni d'organes tarsiformes, mais des arthrospores intercalaires sur quelques filaments. Pas de chlamydospores. Le pigment ne diffuse pas dans le milieu nutritif, qui est ici du bouillon maltosé. Après 15 jours de culture nous assistons à une dislocation complète de l'organisme; il y a segmentation des filaments en bâtonnets simulant des amas bacillaires, dislocation des chapelets d'arthrospores, de telle sorte qu'un examen microscopique rapide pourrait faire supposer la présence d'éléments bacillaires mêlés à de gros streptocoques. La morphologie de cet organisme nous permet d'en faire un *Actinomyces*.

Culture sur différents milieux. — *Sur milieu de Sabouraud maltosé liquide*, nous constatons au bout de 48 heures un début de voile blanc peu compact, qui s'étend peu à peu et rejoint les parois du tube. Le quatrième jour, la pigmentation violette apparaît, le voile devient très adhérent et, les jours suivants, se colore d'un beau violet clair. Il n'y a jusqu'ici aucun trouble du milieu de culture. Le voile se plisse au bout de 8 jours et la pigmentation s'accentue au point de devenir violet noir. Le voile, étant très pesant, se détache des parois et tombe au fond du tube. Il reste seulement une collerette violet foncé. Tous les sucres mono- et disaccharides exercent une influence favorable sur la croissance de ce champignon, mais le *maltose* et le *glucose* semblent les aliments les plus profitables à cet organisme.

Sur *solution peptonée, bouillon simple, bouillon peptoné*, les caractères

(¹) A. SARTORY, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 502.

culturaux sont à peu près identiques. Sur *bouillon glucosé*, le voile est plus résistant et la pigmentation apparaît plus rapidement et elle est plus intense. Sur ce milieu et les milieux précédents le pigment ne diffuse pas. Si nous nous servons maintenant du bouillon glycériné après 8 jours de culture, le pigment diffuse; ceci s'explique par la solubilité de la matière colorante dans la glycérine. A la suite de nombreux repiquages, les cultures sur bouillon sucré deviennent moins luxuriantes et la pigmentation plus faible, nous obtenons même au bout d'un certain temps des cultures achromogènes. Ce fait semble commun à tous les organismes (Bactéries et Champignons inférieurs) chromogènes. Les bouillons amidonnés, glycérinés ou dextrinés conviennent pour conserver à ce germe son pouvoir chromogène. Les milieux solides, tels que *bouillon glucosé gélosé*, *milieu de Sabouraud maltosé gélosé*, sont de mauvais milieux et la pigmentation est tardive. Sur milieu gélatiné, la liquéfaction est complète au bout de 4 jours, la gélatine liquéfiée reste transparente. *Sur pomme de terre glycérinée,* culture lente, d'abord blanc brillant, puis violacée et violet-noir. La pigmentation violette envahit toute la pomme de terre. Le *sérum coagulé*, le cube de *blanc d'œuf* sont liquéfiés au bout de 10 jours. Les différents sucres seuls ne sont pas attaqués. En présence de matières quaternaires mannite, dulcite, saccharose, maltose, lactose, galactose, glucose et lévulose sont attaqués. Le *lait est coagulé*, la caséine dissoute partiellement. Aucune action sur les nitrates, pas de réduction du rouge neutre, présence d'indol en eau peptonée, pas de production d'hydrogène sulfuré. Le champignon n'est pathogène ni pour le lapin ni pour cobaye, chien, poule et pigeon.

A la suite de nombreux examens, nous avons pu constater que tout le mycélium est uniformément coloré en bleu violacé. Le pigment est donc uniformément réparti sur la totalité du mycélium et non pas localisé dans certaines granulations ou inclusions lipidiques, comme pour la prodigiosine. Nous avons pu isoler le pigment à l'état cristallisé par extraction à l'éther sulfurique, purification dans l'éther de pétrole, le chloroforme et l'eau distillée. Le pigment se présente sous forme de fines aiguilles, toujours groupées en oursins et en faisceaux. Les propriétés chimiques de ce pigment ne sont pas caractéristiques d'un groupe de colorants déterminés. Il faut cependant noter l'obtention d'un leucodérivé rose par réduction à l'aide du sulfhydrate d'ammonium, réoxydable par l'eau oxygénée. L'analyse élémentaire quantitative nous a permis d'établir la formule globale $C^{10}H^{12}NO^{3}$, formule analogue à celle que nous avons trouvée pour le pigment violet du *Bacillus violaceus*, en collaboration avec M. Waeldelé. Ce pigment correspond à la violacéine étudiée déjà par différents auteurs.

Nous ne croyons pas devoir faire de cet organisme une espèce nouvelle et nous le rangeons dans la classe des *Actinomyces violaceus*.

La séance est levée à 15h40m. L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 AVRIL 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

JEAN PERRIN vient de mourir. Il est mort à New York le 17 avril. Sa fin nous a été annoncée par une brève information radiodiffusée; nous n'avons aucun détail sur les circonstances de sa mort. Né à Lille, le 30 septembre 1870, il était dans sa 72ᵉ année.

C'est un grand physicien qui vient de disparaître. Le prix Nobel, pour la physique, consacrant l'exceptionnelle importance de ses travaux lui avait été décerné en 1926.

Ses premiers travaux, même, sont à l'origine des découvertes capitales qui ont marqué de si prodigieux progrès dans la physique moderne, par la connaissance de plus en plus profonde de la constitution intime de la matière, de celle de l'atome et de ses rapports si étroits avec l'électricité qui emplissait, il y a 50 ans, et emplit encore, par bien des points, la science de son mystère.

Reportons-nous à l'année 1895. Les rayons cathodiques découverts par Hittorf, en 1869, excitaient au plus haut point la curiosité et la sagacité des physiciens. Quelle pouvait être leur nature? Crooks avait supposé, en 1885, qu'ils étaient constitués par des particules matérielles en mouvement, chargées d'électricité négative, et projetées par la cathode. Mais, n'ayant pu réussir à mettre en évidence cette électrisation, les physiciens adoptèrent l'hypothèse de vibrations spéciales de l'éther, peut-être longitudinales. Hertz avait recherché en vain, lui aussi, la charge électrique admise par Crooks, mais il avait découvert, ce qui fut confirmé par Lenard, que les rayons cathodiques traversent une feuille métallique imperméable aux molécules d'air. On crut avoir prouvé ainsi que la théorie de l'émission était, en la circonstance, inadmissible, et l'on s'en tint, faute de mieux, à celle des ondulations.

Arrive Perrin; il aborde lui aussi cette brûlante question. Il pense qu'il pourrait bien y avoir, réellement, des projectiles cathodiques, mais très différents des molécules, en taille et vitesse, au point de traverser des parois

imperméables à ces dernières. C'était là une idée maîtresse. Pour en mesurer la hardiesse il faut se placer dans la mentalité scientifique de l'époque. Une telle idée ne relevait d'aucune des conceptions classiques et officielles du moment et il fallait une grande originalité de pensée pour en formuler l'expression. C'est le propre des esprits créateurs de savoir se dégager de l'ambiance des seules idées régnantes, de concevoir résolument en dehors du cadre habituel et actuel de nos connaissances, se laissant guider par les fécondes intuitions qui caractérisent le génie.

Pénétré de son idée, Perrin imagina des expériences délicates et pleines d'ingéniosité pour en démontrer la vérité. Il le fit avec le plus grand succès. Il établit ainsi que les rayons cathodiques sont réellement de l'électricité en mouvement. *L'électron* était né. On sait quelle immense fortune était dévolue à cette notion qui est à la base de la physique moderne. Ces mémorables expériences sur les rayons cathodiques ont été un point de départ dans la chaîne des découvertes qui ont établi, définitivement, l'existence de ce constituant universel de la matière.

En 1896, peu après que Röntgen eut découvert les rayons qui portent son nom, Perrin fut attiré par ce sujet nouveau d'études qui, à ce moment, excitait si vivement les esprits. Par une suite d'expériences très habilement conçues et méthodiquement conduites, il établit que lorsque des rayons X traversent un gaz, ils engendrent sur leur passage des charges positives et négatives en quantités égales, qui se déplacent sous l'action d'un champ électrique, les charges positives dans un sens, les négatives en sens inverse. L'action des rayons X sur les corps électrisés se présente ainsi, non comme une propriété directe de ces rayons, mais comme la conséquence d'une *ionisation* que ces rayons font subir aux gaz traversés. De façon indépendante, du reste, J. J. Thomson et Rutherford développaient la même conception. Ces propriétés d'ionisation par les rayons X, si familières aujourd'hui, constituèrent, à l'époque, une très importante découverte, en laquelle Perrin eut une part essentielle.

Parmi les travaux magistraux dus à Jean Perrin, un de ceux qui ont attiré le plus vivement l'attention est celui relatif au mouvement brownien, qui devait le conduire à la démonstration, en quelque sorte, de la réalité des molécules. Les hypothèses moléculaires qui ont triomphé aujourd'hui étaient regardées, à la fin du siècle dernier, comme chimériques par beaucoup de physiciens qui les considéraient comme des jeux de l'esprit. Il appartenait à Perrin d'en établir l'existence. Il pensait que le mouvement brownien pouvait constituer un intermédiaire entre les dimensions accessibles et celles des molécules, par cela même, pouvoir arriver à atteindre indirectement ces dernières. Telle est l'origine de l'étude de ce problème, par les propriétés des émulsions et, notamment par la répartition d'équilibre, sous l'action de la gravité, des granules qui les composent. Les expériences très délicates qu'il entreprit et

poursuivit sur ce point devaient le conduire à la détermination de ce nombre fatidique d'Avogadro, par conséquent à celle du poids des atomes et des molécules. On ne saurait trop admirer l'idée si féconde qui a consisté à considérer des granules très petits mais encore visibles comme le relais indispensable entre des objets à notre échelle et les molécules ou les atomes. Ces expériences ont marqué un pas décisif dans notre connaissance des ultimes éléments constitutifs de la matière et tranché la question de la réalité de leur existence.

Bien d'autres travaux remarquables ont été réalisés par Jean Perrin. On peut citer ceux relatifs à l'étude de la fluorescence, étude à la fois expérimentale et théorique, ces dernières, basées sur cette propriété, par lui découverte, à savoir que le corps fluorescent est détruit par la lumière qui le fait briller, et que, contrairement à ce que l'on croyait, la fluorescence n'est pas due à une propriété permanente de certaines molécules. Citons encore ses belles recherches de radiochimie, sur l'intervention, dans les réactions, de la lumière, entendue ici dans un sens général, montrant qu'un phénomène analogue, sinon identique, à la radioactivité serait une phase nécessaire de toute réaction chimique et aussi que la théorie radiochimique entraîne les lois importantes de Planck et de Bohr et permet de comprendre un groupe étendu de catalyses physiques, et enfin d'étendre la théorie aux transmutations atomiques. Il a pu donner ainsi une explication de l'énorme dégagement de chaleur et de lumière qui émane du Soleil et des étoiles, et qui tiendrait, selon lui, à l'énergie qui accompagne la condensation d'atomes d'hydrogène en atomes lourds. Toutes les explications données jusque là s'avéraient insuffisantes. L'énergie de gravitation, due à la contraction, ne pourrait entretenir le rayonnement actuel du Soleil que pendant 30 millions d'années. Or un tel rayonnement existe depuis des milliards d'années; celui qui résulte de la désintégration de la matière comporterait un rayonnement intensif pendant au moins un milliard de siècles.

Ses travaux sur les rapports entre la matière et la lumière sont d'ailleurs classiques et les idées qu'il a émises sur ce point sont particulièrement captivantes. Le rayonnement équivaudrait à une perte correspondante de masse; et ainsi s'amenuiserait lentement la substance du Soleil et des étoiles, en raison de l'énorme rayonnement que ces astres répandent à profusion dans les espaces célestes.

Nous ne saurions analyser ici tous les travaux scientifiques dus à Jean Perrin et qui comportent une grande diversité. Expérimentateur exceptionnellement habile et théoricien consommé, son activité s'est étendue à bien des domaines, parfois éloignés de ceux pour lesquels (la physique moléculaire) il avait une prédilection marquée. Il n'est pas jusqu'à l'acoustique qui, sur certains points, n'ait retenu son attention et son activité, et ne lui soit redevable d'idées neuves et fécondes.

Il est enfin une œuvre, d'un ordre différent, à laquelle le nom de Jean Perrin doit rester attaché. C'est celle de la création de la *Recherche scientifique*. Il avait exposé dans nos *Comptes rendus*, en 1930, le projet d'une telle création. Le but était de donner une impulsion nouvelle à la science française, d'augmenter son activité et son rendement, par l'institution d'un organisme nouveau, la Caisse nationale des sciences, destinée à subventionner les chercheurs, qu'anime la passion de la science et de la découverte scientifique. Pendant plusieurs années, il dépensa, pour faire aboutir ce projet, une activité considérable. Ses efforts, enfin couronnés de succès, aboutirent à une réalisation effective, sous la forme qu'il avait conçue. Sa pensée était que les grandes idées neuves et fécondes, dans la science, sont surtout l'œuvre de chercheurs darticulièrement doués au point de vue de l'intuition scientifique, que, par conséquent, c'est surtout les hommes présentant ces qualités qu'il faut rechercher et découvrir, encourager, stimuler et subventionner. Cela est vrai, sans nul doute; cela n'est pas exclusivement vrai. La science n'est pas seulement le fruit d'œuvres personnelles, elle comporte aussi des œuvres collectives. Le rendement en découvertes tient non seulement à la fécondité d'intuition des purs créateurs, mais encore, indépendamment des personnes, à l'organisation, à la richesse, à la puissance en outillage et en personnel, des établissements ou services scientifiques, dont la tâche est d'élever le niveau des édifices au sommet desquels peuvent se placer les chercheurs qualifiés, ou les hommes de génie, pour explorer des domaines nouveaux et découvrir des horizons plus lointains.

Au début, il est vrai, les crédits dont disposait la Recherche scientifique n'était pas suffisants pour faire face, simultanément, à ces multiples besoins de la science ; il fallait se limiter et choisir et il était opportun de se borner, faute de mieux, à l'appui matériel à donner aux purs chercheurs. C'était d'ailleurs, primitivement, à un degré moindre, le rôle de la Caisse des recherches au Ministère de l'Instruction publique, rôle que la Caisse nationale des sciences, créée par Perrin, n'avait tout d'abord fait qu'élargir.

Grâce à ses efforts persévérants, Perrin, au cours des années suivantes, avait pu obtenir, pour la Caisse des sciences, des crédits considérablement augmentés. Il devenait alors possible d'envisager une aide à la science sous l'ensemble de toutes les formes utiles, subventions aux chercheurs, aussi bien qu'aux établissements ou services scientifiques, tous éléments qui concourent, en définitive, à ce but commun, le développement et le progrès de la science. Il semble qu'entraînée par la vitesse acquise des premières années, la Caisse ait tardé à entrer dans cette voie. Peut-être aussi y eut-il quelque erreur à considérer l'état de choses initial comme relevant, non pas de nécessités temporaires, mais d'un pur système. Pour cette raison, ont pu se produire, à certains moments, dans le monde scientifique, des malentendus, des frottements, parfois des discordes dont certaines encore mal éteintes.

Mais l'essentiel reste, l'existence de l'œuvre; peu à peu s'en perfectionneront les aménagements intérieurs et les modes d'utilisation, cela par la force même des choses et les leçons de l'expérience. Cette œuvre capitale, malgré ses imperfections passagères, la science la doit à l'initiative de Jean Perrin et doit lui en être particulièrement reconnaissante.

Il faut signaler également, à l'actif des initiatives et des réalisations de Jean Perrin, la création de cet attrayant Palais de la Découverte qui a connu un si vif et légitime succès. Il contribuera d'une manière efficace à diffuser la connaissance des sciences humaines, celle de leur enchaînement et de leur développement logique au cours des temps, accéléré par les découvertes des hommes de génie qui en jalonnent l'histoire.

La mort de Jean Perrin prive la science d'un grand esprit dans le domaine scientifique. Esprit novateur au suprême degré et chef d'école illustre, il a donné à la science de l'atome une impulsion décisive qui, depuis près de cinquante ans, ne s'est ni démentie ni ralentie, et a tenu et tient une place prépondérante dans le domaine de la Physique moderne. Les premiers travaux de Jean Perrin, en dehors de leur importance propre, ont joué en quelque sorte le rôle de catalyseur dans l'immense cascade des découvertes qui se sont succédées depuis le début de ce siècle, et ont transformé si puissamment nos conceptions sur la matière, sur l'électricité, sur la lumière, sur l'énergie, sur tous les éléments infiniment petits ou infiniment grands qui constituent le monde matériel, sur les forces agissantes, qui prennent naissance ou s'anéantissent, s'unissent ou se contrarient, dans l'impénétrable complexité de l'Univers.

Jean Perrin a obtenu le prix Nobel, consécration hautement honorifique de ses travaux, mais je terminerai par cette profonde pensée de Renan : « La plus haute récompense du savant est de créer un mouvement dans la science, par suite duquel il est lui-même dépassé ». Jean Perrin a créé ce mouvement et, dans le domaine qu'il a exploré, il n'a pas encore été dépassé.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

BIOLOGIE. — *Les méthodes pour établir des listes de priorité et la concordance de leurs résultats*. Note de M. **François Grandjean**.

Les définitions de la force et de la priorité ont été données dans une Note précédente [1]. La priorité résulte de la comparaison des forces dans un groupe d'organes homéotypes individualisés. De tels groupes ne sont pas arbitraires et l'observation nous apprendra comment il faut les former. Ce que je dis dans cette Note s'applique aux phénomènes généraux de l'évolution numérique dans un quelconque d'entre eux.

---

[1] *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 417.

Je crois cependant bon, pour préciser, de choisir un exemple. Le groupe sera celui des poils du 1[er] génual chez les Oribates (Acariens). Je rappelle qu'il y a 5 poils au maximum sur cet article de la patte, un dorsal d, deux latérodorsaux (l', l'') et deux latéroventraux (v', v'') (²). Lorsqu'il faut donner des chiffres de fréquence ou des stases de formation, j'utilise une statistique d'écarts pour *Trhypochthonius tectorum*, d'après 10 larves, 10 protonymphes, 10 deutonymphes, 40 tritonymphes et 50 adultes récoltés ensemble à Amélie-les-Bains.

Pour dresser des listes de priorité nous disposons des 4 méthodes suivantes :

1° *La comparaison des stases ou méthode ontogénétique.* — Un organe est d'autant plus fort qu'il est plus précoce. On recherche l'organe en remontant jusqu'à la larve et l'on détermine sa stase de formation. Chez *tectorum* les trois poils d, l' et l'' sont larvaires et les 2 autres apparaissent ensemble à la tritonymphe. Cela donne la liste

$$(d, l', l''), \quad (v', v'').$$

Dans cette méthode les écarts n'interviennent que s'ils sont nombreux. On commence par examiner 2 exemplaires de l'animal à chaque stase, donc par faire 2 observations à droite et 2 à gauche. Si les 4 observations donnent le même résultat, on peut tenir ce dernier pour juste en première approximation; mais quand il y a désaccord entre la droite et la gauche, ou entre le 2[e] exemplaire et le 1[er], c'est-à-dire quand les écarts se révèlent nombreux, il faut examiner un 3[e] exemplaire, et peut-être un 4[e], jusqu'à ce qu'il soit clair que la probabilité d'existence de l'organe, mesurée de mieux en mieux par la fréquence, est nettement supérieure, ou inférieure, à 0,5.

Dans le cas exceptionnel où cette probabilité, que je désigne par p, est voisine de 0,5, le nombre des observations à faire, pour déterminer la stase d'apparition probable, est très grand. Il vaut mieux alors abandonner ce travail fastidieux et appeler la stase quasi probable après le 4[e] ou le 5[e] exemplaire, car nous n'avons guère besoin, puisqu'il ne s'agit pas d'une étude statistique des écarts, de savoir de quel côté penche légèrement la balance. L'expression *quasi probable* nous apprend l'essentiel, qui est l'indifférence de l'organe. L'expression *probable*, d'après sa définition, a ici l'inconvénient de confondre toutes les fréquences pourvu qu'elles soient supérieures à 0,5. Donc une stase d'apparition sera dite *quasi probable* pour un organe, si cet organe, à cette stase, a des chances peu différentes d'exister ou de manquer. Dans les mêmes conditions, l'organe sera dit quasi probable à cette stase.

Le danger de conclure faussement après n observations justes ne peut pas être annulé, mais il diminue à mesure que n augmente. Il diminue aussi quand p s'écarte de la valeur 0,5. Dans presque tous les cas il est faible après 4 observations identiques, parce que peu d'organes ont des probabilités

(²) *Bull. Soc. Zool.*, 65, 1940, pp. 33 et 34

très différentes de 1 ou de zéro. Pour que les 4 premières observations soient faussement concordantes, la probabilité est seulement $(1-p)^4$ ou p^4 selon que p est supérieur ou inférieur à 0,5. Elle est donc toujours plus petite que 0,0625. On peut juger ce maximum trop grand. Il faut alors s'imposer l'examen d'un 3ᵉ exemplaire, à chaque stase.

2° *La comparaison des écarts individuels.* — De deux organes qui apparaissent à la même stase (ou qui ont la même stase d'apparition quasi probable), le plus fort est celui qui a le moins d'écarts par défaut à cette stase et aux suivantes, ou le plus d'écarts par excès aux stases précédentes.

Dans cette méthode on observe les écarts pour eux-mêmes et l'on compare ceux d'un organe à ceux d'un autre organe. Le nombre des observations à faire est d'autant plus considérable, naturellement, que les fréquences des deux organes sont plus voisines.

Ainsi, dans l'exemple choisi, pour départager les poils larvaires d, l' et l'' on recherche leurs déficiences. Or nous savons que les déficiences des poils larvaires sont très rares. Il faut donc s'attendre à un long travail. Je n'ai pas trouvé de déficience, en effet, sur les 120 exemplaires de *tectorum*, sauf une pour l'', à la tritonymphe. Cet écart est trop isolé pour qu'il y ait lieu d'en tenir compte.

On départage les poils v' et v'' en observant d'abord des tritonymphes puisque ces poils apparaissent à la tritonymphe. Cette fois les écarts sont nombreux. Le poil v' avait 6 déficiences (6 : 80) et v'' en avait 18 (18 : 80). A l'adulte v' et v'' étaient constants. A la deutonymphe v' avait 2 présences (2 : 20) et v'' aucune (0 : 20). Avant la deutonymphe v' et v'' manquaient toujours. Donc ici le résultat est net, v' est plus fort que v'' et la liste obtenue est

$$(d, l', l''), \quad v', \quad v''.$$

3° *La comparaison des métamères.* — Si deux organes d'un métamère ont la même fréquence, le plus fort est celui dont les homologues, sur les autres métamères semblables au 1ᵉʳ, ont les fréquences les plus élevées. La comparaison doit se faire à chacune des stases.

Cette méthode est plus délicate que les autres car certains métamères, même s'ils sont choisis parmi ceux qui ne sont pas spécialisés en apparence, ont cependant subi, pour leurs petits organes, des évolutions numériques qui leur sont particulières. Chez les Acariens, elle convient aux pattes I et II, mais il ne faudrait pas l'appliquer sans discernement aux autres pattes.

La comparaison du génual I de *tectorum* à son génual II ne donne aucun résultat à l'adulte car les 5 poils existent toujours. A la tritonymphe elle nous apprend que v' et v'' sont moins forts que d, l' et l'' car v' et v'', qui existent à I, manquent à II. D'après des exemplaires de Menton dont j'ai étudié les écarts la sous-espèce *tectorum congregator* permet en outre de distinguer les forces de v' et de v'', car à II (non à I) la tritonymphe a le poil v' et n'a pas v''. La liste de

priorité est encore

$$(d,\ l',\ l''),\ v',\ v''.$$

4° *La comparaison des espèces ou méthode phylogénétique.* — Soit un groupe d'espèces plus ou moins étendu, mais comprenant toutes celles qui sont voisines de l'espèce étudiée et cette espèce elle-même. De deux organes, celui qui est le plus commun dans ce groupe est le plus fort. Pour chaque organe on note les espèces qui l'ont et celles qui ne l'ont pas et l'on compare les résultats. Il faut faire cela, en principe, à chacune des stases.

Cette méthode est phylogénétique, parce qu'elle utilise la diversité des espèces, par quoi se révèlent à nous des étapes différentes de l'évolution. Nous ne pouvons pas mieux faire, des cas très rares exceptés, puisque nous ne savons rien sur les vrais ancêtres d'un animal.

En ce qui concerne *tectorum*, un groupe d'espèces formé des genres *Trhypochthonius*, *Trhypochthoniellus* et des *Malaconothridæ* nous apprend que v' est plus fort que v'' car il existe seul chez *Trimalaconothrus*. Les autres genres possèdent v' et v'' simultanément ou les ont perdus tous deux. Il n'y a pas d'exemple, à aucune stase, où v'' existerait seul. La priorité est donc

$$(d,\ l',\ l''),\ v',\ v''.$$

Par l'application simultanée des méthodes phylogénétique et métamérique, on compare les organes d'un métamère d'une espèce aux organes d'un autre métamère d'une autre espèce. En opérant de cette manière pour I et II, chez les genres que je viens d'énumérer, nous retrouvons non seulement les mêmes rapports de forces que par les méthodes précédentes, mais un nouveau, car le poil l' manque chez *Malaconothrus* au 2e génual tandis que les poils d et l'' restent constants. La liste obtenue est

$$(d,\ l''),\ l',\ v',\ v''.$$

Ainsi quatre méthodes vraiment différentes, puisqu'elles ne font pas intervenir les mêmes comparaisons, conduisent à des listes de priorité qui concordent. Je viens de le montrer dans l'exemple choisi et je l'ai constaté dans beaucoup d'autres. Il faut conclure qu'il n'y a qu'un ordre de priorité et que chaque méthode nous le fait connaître plus ou moins complètement, selon l'efficacité qu'elle possède dans l'état de nos connaissances. Le point essentiel est qu'il n'y ait jamais désaccord. Un organe n'est pas reconnu plus fort par une méthode et plus faible par une autre.

Cette remarquable concordance ne peut avoir qu'une origine profonde et générale. La liste de priorité est une sorte d'invariant qui exprime avec précision, pour les organes étudiés, des rapports simples entre la phylogenèse, l'ontogenèse, la différenciation des métamères et les écarts individuels. Ceux-ci, en particulier, ont donc une signification évolutive : ils manifestent l'évolution à un instant donné.

On a pu remarquer, dans ce qui précède, qu'aucune hypothèse n'a besoin d'être faite sur le sens de l'évolution. Qu'il y ait régression ou progression les listes de priorité sont les mêmes.

Dans la première hypothèse un organe est plus fort qu'un autre s'il n'est supprimé qu'après lui. Les organes faibles, les plus tardifs de l'ontogénie, disparaissent d'abord. Les déficiences chez les individus sont les signes avant-coureurs de la suppression totale dans l'espèce. L'existence exceptionnelle est qualifiée d'atavisme. L'ontogenèse et la phylogenèse travaillent en sens inverse. Pour l'exemple cité dans cette Note, je crois certaine l'hypothèse régressive.

Dans la deuxième hypothèse, un organe est plus fort qu'un autre s'il est réalisé avant lui. La progression augmente la force des organes et les fait apparaître plus tôt dans l'ontogénie. Les déficiences nous apprennent que la force maxima n'est pas atteinte. Un organe qui existe rarement est un organe qui naît. L'ontogenèse et la phylogenèse travaillent parallèlement.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de *Métallurgie et Travail des métaux* du Conservatoire National des Arts et Métiers.

(Renvoi aux Sections de Chimie et de Minéralogie.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les connexions euclidiennes à courbure non nulle réalisables par des congruences de droites.* Note de M. **Octave Galvani**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note précédente [1]. Soit un espace E à deux dimensions, à connexion euclidienne, u_1, u_2 les coordonnées d'un point M, ϖ_1, ϖ_2, $\varpi_{12} = \beta_1\varpi_1 + \beta_2\varpi_2$ les composantes du repère rectangulaire $M\vec{e}_1\vec{e}_2$. Le repère $M\vec{e}_1\vec{e}_2$ le plus général [2], qui se déduit du précédent par la rotation $-\theta(u_1, u_2)$, aurait pour composantes

$$\omega_1 = \varpi_1 \cos\theta - \varpi_2 \sin\theta, \qquad \omega_2 = \varpi_1 \sin\theta + \varpi_2 \cos\theta, \qquad \omega_{12} = \beta_1\omega_1 + \beta_2\omega_2 = \varpi_{12} - d\theta.$$

En prenant $\vec{e}_1$ sur le vecteur torsion $\vec{T}$, on a

$$\vec{T} = T\vec{e}_1 = T_1\vec{e}_1 + T_2\vec{e}_2, \qquad T_1 = T\cos\theta, \qquad T_2 = T\sin\theta;$$

R désigne la courbure, définie par $\omega'_{12} = R[\omega_1\omega_2]$.

---

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 337.

(2) Cf. É. Cartan, *La méthode du repère mobile, la théorie des groupes continus et les espaces généralisés* (*Exposés de géométrie*, 5, Paris, 1935, pp. 50-57).

On posera

$$\vec{T} = R\vec{\Pi}, \quad \vec{\Pi} = \Pi_1 \vec{e_1} + \Pi_2 \vec{e_2} = \Pi \overrightarrow{\bar{e}_1}.$$

Pour toute fonction f du point M, on pose

$$df = f_{/1}\omega_1 + f_{/2}\omega_2 = f_{/\bar{1}}\varpi_1 + f_{/\bar{2}}\varpi_2$$

et, pour tout vecteur $\vec{X}$,

$$DX_1 = dX_1 - \omega_{12}X_2, \quad DX_2 = dX_2 + \omega_{12}X_1, \quad DX_i = X_{i,1}\omega_1 + X_{i,2}\omega_2.$$

Par hypothèse $R\vec{T}$ n'est pas partout nul sur E, et l'on se placera dans un domaine $R\vec{T} \neq 0$.

Pour que la connexion induite sur une congruence [1] soit celle de E, il faut et il suffit qu'on puisse déterminer θ et quatre fonctions a_1, a_2, a_{31}, a_{32} de u_1, u_2 telles que les six formes

$$\omega_1,\ \omega_2,\ \omega_{12} \text{ et } \omega_{31} = a_2\omega_2, \quad \omega_{32} = a_1\omega_1, \quad \omega_3 = a_{31}\omega_1 + a_{32}\omega_2$$

vérifient les équations de structure $[\omega_s]$ de l'espace ordinaire ($s = 1, 2, 12, 31, 32, 3$).

$[\omega_1]$, $[\omega_2]$, $[\omega_{12}]$ donnent les trois équations finies

$$T_1 = a_2 a_{31}, \tag{1}$$

$$T_2 = -a_1 a_{32}, \tag{2}$$

$$R = a_1 a_2. \tag{3}$$

$[\omega_{31}]$, $[\omega_{32}]$, $[\omega_3]$ donnent trois équations différentielles. Compte tenu des cinq premières, et de $R \neq 0$, on obtient un système équivalent en remplaçant $[\omega_3]$ par

$$a_1(1 + \Pi_{1,2}) = a_2(1 - \Pi_{2,1}). \tag{4}$$

Enfin, en posant $a_1^2 = \dot{R}\gamma$, on peut mettre $[\omega_{31}]$, $[\omega_{32}]$ sous la forme

$$\frac{\gamma_{/1}}{\gamma} = -2\theta_{/2}(1 + \gamma) + f_1, \tag{5}$$

$$\frac{\gamma_{/2}}{\gamma} = -2\theta_{/1}\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) + g_1, \tag{6}$$

f_1 et g_1 étant deux fonctions connues de γ, θ, u_1, u_2.

Cas général. — (3) et (4) donnent

$$\gamma = \frac{r \operatorname{tang}^2\theta + q \operatorname{tang}\theta + p}{p \operatorname{tang}^2\theta - q \operatorname{tang}\theta + r} \tag{7}$$

avec

$$p = 1 - \overline{\beta_1}\Pi, \quad q = \overline{\beta_2}\Pi - \Pi_{/\bar{1}}, \quad r = 1 + \Pi_{/\bar{2}}.$$

Alors (5) et (6) équivalent au système à la fonction inconnue θ

$$(\mathrm{I})\quad \begin{cases} \dfrac{1}{\gamma}\dfrac{\partial\gamma}{\partial\theta}\theta_{/1}+2(1+\gamma)\theta_{/2}=f, \\ 2\left(1+\dfrac{1}{\gamma}\right)\theta_{/1}+\dfrac{1}{\gamma}\dfrac{\partial\gamma}{\partial\theta}\theta_{/2}=g, \end{cases} \qquad (f,\ g = \text{fonctions connues de } \theta,\ u_1,\ u_2).$$

Ce système est en général impossible. La condition de compatibilité peut s'écrire $\theta_0 - \mathrm{H} = \text{const.}$, θ_0 et H étant deux fonctions connues de u_1, u_2, et le problème a alors un nombre fini de solutions.

Cas particuliers. — 1° Si $p+r=0$, (4) est vérifiée identiquement pour certaines valeurs de θ. Pas de solution en général, dans certains cas un nombre fini correspondant à la valeur de θ envisagée.

2° Si $p=q=r=0$, (4) est vérifiée quel que soit θ, et

$$\frac{d\gamma}{\gamma}=[-2\theta_{/2}(1+\gamma)+f_1]\omega_1+\left[-2\theta_{/1}\left(1+\frac{1}{\gamma}\right)+g_1\right]\omega_2$$

admet une infinité de solutions en θ, γ.

3° Enfin, γ étant défini par (7), il peut arriver que le déterminant Δ de (I) soit nul

$$\Delta=\left(\frac{1}{\gamma}\frac{\partial\gamma}{\partial\theta}\right)^2-4(1+\gamma)\left(1+\frac{1}{\gamma}\right), \qquad \text{d'où} \quad \gamma=\operatorname{tang}^2(\theta-\theta_0).$$

Il faut pour cela que $q^2=4rp$ et l'on a alors $\operatorname{tang}\theta_0=(-q/2r)$.

Dans ce cas, on n'a généralement pas de solution; mais on en trouve une infinité si

$$f=g\operatorname{tang}(\theta-\theta_0).$$

Relation entre les congruences attachées au même E. — Soient K et K* deux telles congruences, D et D* les droites associées à un point M de E, μ l'origine du repère intrinsèque de K attaché à D, d' la parallèle à D menée par μ', m' la trace de d' sur le plan P perpendiculaire à D en M. Quand D' décrit le voisinage de D, m' décrit la carte dans P du voisinage de M dans E. En opérant de même avec K*, m'^{*} décrit la même carte dans P*. Le déplacement qui amène cette seconde carte sur la première amène les d'^{*} sur les d'.

Or $\overrightarrow{\mu'\mu'^{*}}=(\omega_3^{*}-\omega_3)\vec{e}_3$ est au moins du premier ordre par rapport à Mm'. L'angle α des droites D et D'* est lui aussi du premier ordre, et la plus courte distance δ de D' et D'* est $\leq \mu'\mu'^{*}\sin\alpha$, donc du deuxième ordre au moins.

Ainsi à tout couple de droites D, D* homologues correspond un déplacement amenant D* sur D et K* dans une position telle que toute droite D'* voisine de D* rencontre au second ordre près son homologue D' (l'infiniment petit principal étant la distance de M' à D).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le rendement maximum d'un projecteur d'ondes.* Note de MM. **Henri Gutton** et **Antoine Ortusi**, présentée par M. Camille Gutton.

Pour étudier le rayonnement d'un projecteur d'ondes, on est amené à considérer le champ sur la surface supposée plane de l'ouverture. Soit $\vec{E}$ le champ produit par le projecteur en un point M. En appliquant le principe d'Huygens, le champ $\vec{E}$ est la somme des champs élémentaires $\vec{e}$ produits par de petites sources entourant les différents points P de l'ouverture S. Nous allons chercher la forme du champ $\vec{e}_P$, qui, à puissance donnée traversant l'ouverture, rend maximum le champ $\vec{E} = \Sigma\vec{e}$ en M. Nous astreignons le champ $\vec{e}_P$ à satisfaire aux deux conditions très généralement réalisées :

1° le champ $\vec{e}_P$ est polarisé parallèlement au plan de l'ouverture;

2° l'énergie qui traverse un petit élément de surface dS est proportionnelle au carré de l'amplitude du champ en cet élément.

Cherchons le maximum de $\vec{E}$ lorsque la puissance dépensée dans S reste constante.

Soit $\vec{e}_P = \vec{h} \times \varphi(x, y)e^{i\omega t}$ le champ en P (x, y coordonnées de P dans le plan de S).

Le vecteur $\vec{e}$ dû à une petite source de surface dS entourant P est proportionnel à $\vec{e}_P$:

$$\vec{e} = \varphi(x, y) \times f(x, y)\, dS.\vec{h}\, e^{i\omega t},$$

$f(x, y)$ est une fonction connue de x et y, dépendant des coordonnées fixes du point M.

D'autre part l'énergie traversant l'ouverture est

$$W = A \iint_S \varphi^2\, dS.$$

Nous sommes ramenés au problème suivant. Parmi toutes les fonctions φ telles que $\iint \varphi^2\, dS = W_1$ chercher celle pour laquelle $E = \iint_S \varphi \times f(x, y)\, dS$ a la valeur maximum.

Calcul de φ. — Nous avons affaire à un problème de maximum lié. On sait que les fonctions φ rendant E stationnaire s'obtiennent en annulant la variation de $E + \lambda W_1$. On a

$$\delta(E + \lambda W_1) = \iint_S (f + 2\lambda\varphi)\, \delta\varphi\, dS.$$

On en déduit, en posant $k = -1/2\lambda$,

$$\boxed{\varphi_M = k f(x, y);}$$

k constante choisie par la condition

$$W_1 = \iint_S k^2 f^2(x, y)\, dS.$$

Nous ne trouvons qu'une seule fonction φ_M rendant E stationnaire. Pour démontrer qu'il s'agit d'un maximum, il suffit de comparer la valeur E_M correspondante à la valeur E_c pour une autre valeur φ_c de la fonction, par exemple une constante.

On a

$$k = \sqrt{\frac{W_1}{\iint_S f^2\, dS}}, \qquad E_M = \sqrt{W_1}\sqrt{\iint_S f^2\, dS}.$$

D'autre part, si φ_c est constant,

$$W_1 = \iint_S \varphi_c^2\, dS = S\varphi_c^2, \qquad E_c = \sqrt{\frac{W_2}{S}}\iint_S f\, dS.$$

On a donc

$$\frac{E_M}{E_c} = \frac{\sqrt{S}\sqrt{\iint_S f^2\, dS}}{\iint_S f\, dS}.$$

Soient

$$f_e = \frac{\sqrt{\iint_S f^2\, dS}}{\sqrt{S}} \quad \text{et} \quad f_m = \frac{\iint_S f\, dS}{S}$$

les valeurs efficace et moyenne de f sur la surface S. On a

$$\frac{E_M}{E_c} = \frac{f_e}{f_m}.$$

Or nous avons

$$\iint_S (f - f_m)^2\, dS = \iint_S f^2\, dS + f_m^2 S - 2 f_m \iint_S f\, dS = S f_e^2 - S f_m^2,$$

le résultat doit être positif, on a donc toujours $f_e > f_m$ et par suite $E_M > E_c$.

Application. — En général la fonction $f(x, y)$ est une fonction de $r = PM$ et, si M est très éloigné, elle prend la forme

$$f(x, y) = \frac{e^{\frac{i2\pi}{\lambda}}}{2}.$$

Posons $\theta = (Oz, OM)$, Oz normale à S.

Prenons pour axe des x la projection de OM sur le plan de l'ouverture.

La fonction devient $f(x, y) = k e^{\frac{-2\pi x \sin\theta_i}{\lambda}}$.

φ_m étant proportionnel à f on voit que :

Le champ doit se propager suivant Ox sinusoïdalement avec une longueur d'onde égale à $\lambda/\sin\theta$; il doit rester constant le long d'une parallèle à Oy.

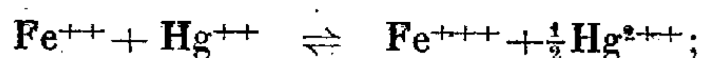
Si $x = 0$ (M sur la normale en O), le champ doit être constant, $f(x, y)$ étant constant.

En particulier, dans le cas d'un réflecteur, l'onde plane homogène se réfléchissant sur un miroir fournit une répartition du champ *qui, dans une direction symétrique par rapport à la normale, offre le meilleur rendement.*

Ces résultats sont valables, dans le cas où l'on fait abstraction du caractère vectoriel du phénomène, lorsque le principe d'Huygens est applicable.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'accumulateur photochimique de Winther.* Note de MM. **Georges Liandrat** et **Abdelhak Sator**, présentée par M. Aimé Cotton.

Sous l'action de la lumière ultraviolette, une solution de chlorure mercurique et de chlorure ferreux se transforme partiellement en calomel et chlorure ferrique. La réaction inverse peut être observée au moyen de deux électrodes de platine dont une seule est mise en contact avec le précipité de chlorure mercureux; elle ne se produit pas à froid, en circuit ouvert, avec une vitesse appréciable. L'ensemble constitue donc un système photovoltaïque à utilisation différée ([1]). Il ne semble pas qu'une explication satisfaisante de ce processus réversible ait jamais été donnée; il a été présenté ([2]) comme le résultat du déplacement par la lumière de l'équilibre ionique d'oxydation-réduction



$$Fe^{++} + Hg^{++} \rightleftharpoons Fe^{+++} + \tfrac{1}{2}Hg_2^{++};$$

il est aisé de reconnaître que cette interprétation n'aboutit qu'à démontrer l'impossibilité du processus observé : les potentiels normaux mercuro-mercurique et ferroso-ferrique étant respectivement 0,92 et 0,75 V, la transformation de gauche à droite devrait être pratiquement complète, même si le sel mercureux restait dissous; elle ne saurait donc être accompagnée d'un accroissement de l'énergie libre et, par suite, la réaction inverse n'en saurait restituer.

Nous avons constitué des éléments du type

Pt | Sulfates de Hg + ac. sulfurique | Ac. sulfurique | Sulfates de fer + ac. sulfurique | Pt

---

(1) Chr. Winther, *Zeits. f. Elektroch.*, 18, 1912, pp. 138-143.
(2) Max Le Blanc, *Lehrbuch der Elektrochemie*, p. 241 de la 9e-10e édition.

et constaté que le sens de la force électromotrice y est bien dans tous les cas celui qui correspond à la réduction du sel mercurique aux dépens du sel ferreux. Mais, en remplaçant les sulfates par les chlorures, nous avons retrouvé le sens opposé. Nous avons alors observé les faits suivants : 1° un débit de quelques milliampères par centimètre carré fait tomber rapidement la f. é. m. jusqu'à une valeur limite d'autant plus faible que la température est moins élevée; 2° le rétablissement de l'état primitif se fait lentement en circuit ouvert, mais d'autant plus vite que la température est plus élevée; 3° si l'on double chaque électrode d'une autre semblable, qui demeure au repos tandis que la première fonctionne, il apparaît que le pôle négatif est seul modifié pendant le fonctionnement : le calomel ne joue que très lentement le rôle de dépolarisant réducteur; 4° il en est de même si l'on remplace l'acide chlorhydrique par un chlorure alcalin, mais, avec le chlorure d'ammonium, la dépolarisation est plus rapide.

La solubilité du calomel en présence d'ions Cl^- a été étudiée par de nombreux auteurs ([3]). On admet qu'elle résulte de la décomposition limitée



$$Hg^2Cl^2 \rightarrow HgCl^2 + Hg,$$

favorisée par la formation de complexes chloromercuriques. Elle augmente avec la température et atteint dans le chlorure d'ammonium des valeurs particulièrement élevées. Il paraît dès lors évident que c'est le mercure ainsi libéré qui détermine et maintient le rapport des activités des ions Hg^{++} et Hg^{2++} au voisinage de l'électrode négative de l'élément de Winther. La *vitesse* de la dépolarisation est réglée par celle du processus qui donne naissance au mercure aux dépens du chlorure mercureux, l'*énergie* est fournie par la formation des complexes chloromercuriques et l'on peut comprendre enfin pourquoi la réaction photochimique est accompagnée d'un accroissement de l'énergie libre qui serait inconcevable si elle avait lieu à partir des ions Hg^{++}.

Si cette théorie est juste, le potentiel d'équilibre d'une électrode de platine recouverte de calomel au contact d'une solution de chlorure de potassium doit être exactement le même que celui d'une *électrode au calomel* préparée selon les règles avec du mercure métallique, sous la seule réserve que le mercure ne demeure pas dans la première dans un état de trop fine dispersion.

Nous avons vérifié au millivolt près qu'il en est bien ainsi lorsque l'équilibre est atteint, et que l'égalité subsiste lorsque la température varie. Des mesures en cours d'exécution nous permettront de donner les valeurs des énergies libres en fonction des concentrations des divers ions et, notamment, en présence des ions Fe^{++} et Fe^{+++}. Nous espérons en outre trouver des conditions plus avantageuses en remplaçant les chlorures par les bromures.

([3]) Voir G. Tourneux, *in Tr. de Chim. min.*, Pascal, 8, pp. 921-923.

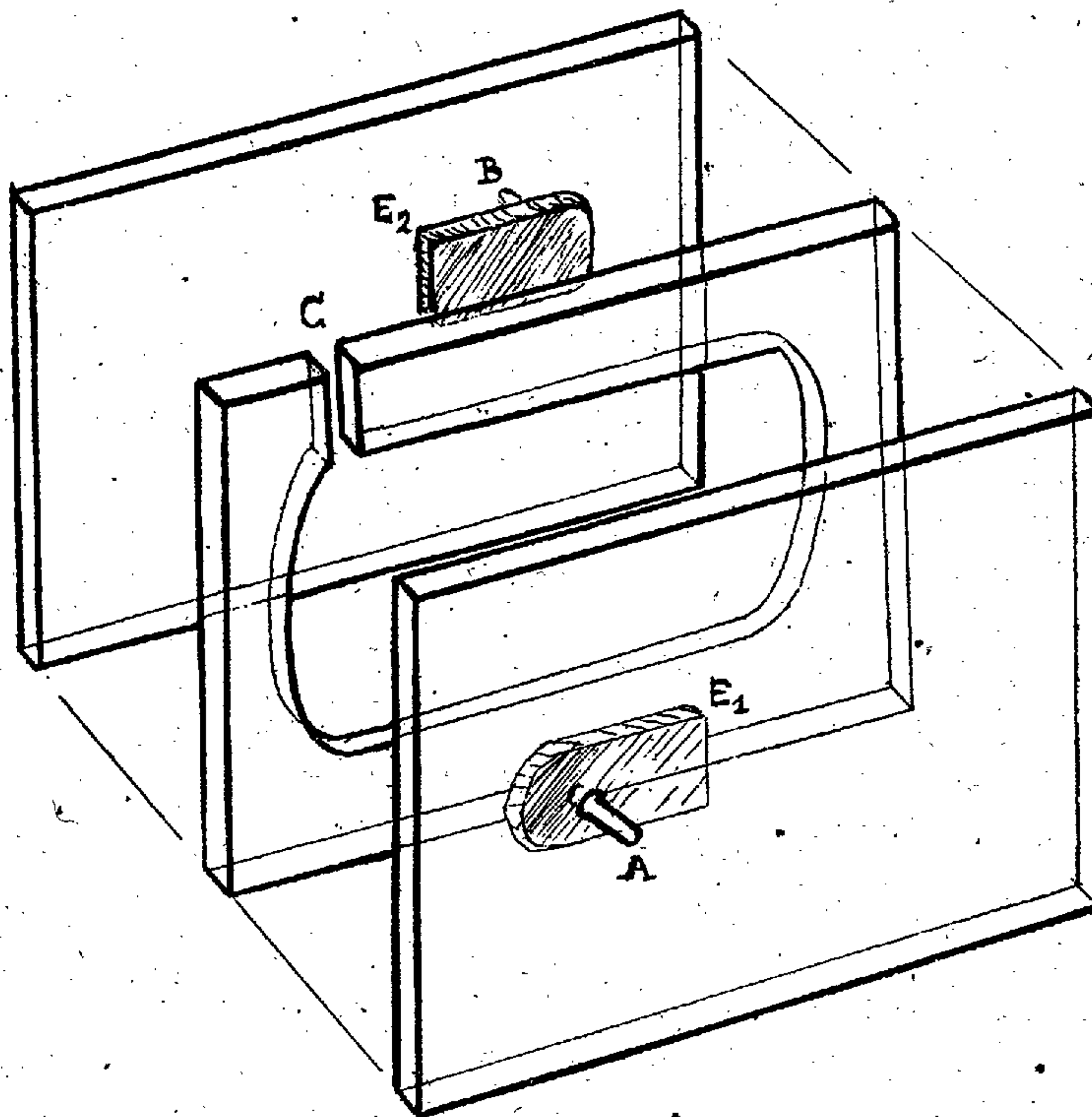
ÉLECTROOPTIQUE. — *La dispersion du phénomène de Kerr du sulfure de carbone.* Note de MM. **Georges Bruhat**, **Christian Corolleur** et **Gaston Raoult**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons mesuré le rapport B/B_0 de la constante de Kerr B du sulfure de carbone pour les radiations 2699 et 2754 Å de l'arc au mercure à la constante B_0 relative à la raie 4054 Å.

Montage optique. — Il comprend : un arc au mercure Gallois à grand éclat, un monochromateur Jobin et Yvon, un glazebrook polariseur, la cellule de Kerr, le quart d'onde Bruhat-Weil ([1]) et l'analyseur photoélectrique Bruhat-Guinier sous la forme récemment décrite ([2]).

Cellule de Kerr. — Nous avons employé du sulfure de carbone prolabo, dont nous avons vérifié la pureté en mesurant son absorption : dans la région étudiée, une épaisseur de 1^{mm} absorbe environ les 9/10 du flux incident.

La cellule, représentée en cours de montage par la figure ci-dessous, est



constituée par deux plaques de verre corex A clair collées à la gomme arabique sur une plaque de verre évidée de 1^{mm} d'épaisseur. Les élec-

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 819.

([2]) G. Bruhat, A. Blanc-Lapierre, J. Schiltz et G. Raoult, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 615.

trodes E_1 et E_2, distantes de 9^{mm}, sont des rectangles d'aluminium de $0^{mm},8$ d'épaisseur, collés sur les lames de corex, et auxquels le potentiel est amené par des trous A et B percés dans ces lames. Nous avons ainsi réalisé un isolement dans lequel n'intervient pas la gomme arabique, toujours un peu conductrice : il nous a donné toute satisfaction.

Le potentiel est obtenu en redressant par un kénotron un potentiel alternatif à 50 périodes; il est stabilisé par deux condensateurs et mesuré par un voltmètre Abraham-Villard.

Méthode de mesure. — Le polariseur étant à 45° du champ électrique, l'une des lignes neutres du quart d'onde est parallèle à la vibration qu'il fournit. L'analyseur étant au voisinage de l'extinction, la substitution d'une des plages à l'autre donne au galvanomètre une déviation proportionnelle à l'angle que fait la vibration avec la position de l'analyseur. Nous mesurons successivement la déviation D_1 sans champ électrique, puis la déviation D_2 lorsque le champ est établi dans la cellule : la différence $D_2 - D_1$ est proportionnelle à l'ellipticité φ produite par le phénomène de Kerr. Cette méthode de mesure élimine les erreurs de position et de biréfringence du quart d'onde et les erreurs dues à la trempe des glaces, ainsi que les erreurs de lecture des cercles divisés, puisque seul le champ varie.

En répétant la mesure pour plusieurs positions de l'analyseur réparties sur un intervalle de 2 à 3 degrés, il est facile d'obtenir une moyenne, de juger de la précision de la mesure, et de déterminer le coefficient de proportionnalité des déviations aux angles.

Les résultats définitifs sont les moyennes des quatre valeurs de φ obtenues pour deux positions du quart d'onde à 90° l'une de l'autre et deux positions du polariseur à 90° l'une de l'autre.

Première série de mesures. — Le faisceau employé contenait à la fois les deux radiations 2699 et 2754 Å. Nous avons trouvé, pour un potentiel de 14000 V, une ellipticité $\varphi = -10$ minutes. Pour le même potentiel, la radiation 4054 Å donnait une ellipticité $\varphi_0 = +1$ minute, d'où $B/B_0 = -10$.

Nous avons vérifié que la valeur de φ_0 était bien celle qu'on devait prévoir : le calcul, fait en supposant le champ uniforme entre les électrodes et en prenant $B_0 = 5,7.10^{-7}$ C. G. S., donne $\varphi_0 = 1',3$. Nous avons également vérifié que la biréfringence obtenue pour les radiations 2699-2754 était bien négative, en mesurant, sans rien changer au montage optique, la biréfringence par compression d'un bloc de verre qui avait été, il ya quelques années, étudié à ce point de vue par l'un de nous.

Deuxième série de mesures. — La cellule qui avait servi aux mesures précédentes était collée depuis plus d'un an. Pour nous assurer que les tensions dues au séchage de la gomme arabique n'avaient pas influencé les mesures, nous l'avons décollée, puis recollée, et nous avons vérifié que jusqu'à 20000 V la biréfringence était proportionnelle, aux erreurs de mesure près, au carré du

potentiel appliqué. Ayant resserré les fentes des monochromateurs, nous avons pu faire les mesures séparément pour les deux raies 2699 et 2754 Å, et nous avons trouvé les ellipticités

$$\varphi_{2699} = -11', \quad \varphi_{2754} = -9', \quad \text{avec} \quad \varphi_0 = +0',9,$$

ce qui donne, en prenant $B_0 = 5,7.10^{-7}$,

$$B_{2699} = -70.10^{-7}, \quad B_{2754} = -57.10^{-7}.$$

Conclusion. — D'après la dispersion des lectures, nous estimons que les ellipticités φ pour les raies ultraviolettes sont déterminées à 1 minute près; les mesures sont beaucoup plus faciles pour la raie 4054, et l'ellipticité φ_0 correspondante est déterminée à 1/10 de minute près. Il n'est donc pas douteux que la constante de Kerr du sulfure de carbone a des signes différents des deux côtés de la bande d'absorption située autour de 3300 Å, et que sa dispersion est analogue à celle que l'on obtient au voisinage d'une bande d'absorption pour l'indice de réfraction et le pouvoir rotatoire naturel.

FLUORESCENCE. — *Un fluoromètre à ultrasons.* Note de M. **Georges Goudet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Je me suis proposé de réaliser un fluoromètre destiné à la mesure des durées de vie moyenne d'états excités de l'ordre de 5.10^{-9}s; telles sont la durée de fluorescence de nombreuses solutions de matières colorantes et la durée de certaines raies de résonance atomique.

Principe. — La substance à étudier est éclairée par une lumière de composition spectrale propre à exciter la fluorescence et dont l'intensité I est modulée à la fréquence N (pulsation ω, période T)

$$I(t) = I(1 + A_1 \cos \omega t + \ldots + A_n \cos n\omega t + \ldots).$$

(La fonction I est supposée paire.)

Si τ est la durée de vie moyenne de l'état excité, l'intensité de la lumière émise par fluorescence est

$$I'(t) = kI_0\tau\left(1 + \sum_n A_n \frac{\cos n\omega t + n\omega\tau \sin n\omega t}{1 + n^2\omega^2\tau^2}\right)$$

(k étant une constante).

En particulier la composante fondamentale de I′ est

$$I'_1 = kI_0\tau \frac{A_1}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}} \cos(\omega t - \varphi_1), \tag{1}$$

et sa phase φ_1 est déterminée par

$$\operatorname{tang} \varphi_1 = \omega\tau = 2\pi\frac{\tau}{T}. \tag{2}$$

La mesure de φ_1 permet donc de calculer τ.

La formule (1) montre que l'amplitude de A'_1 diminue quand ω croît et impose une borne supérieure à la fréquence N de modulation.

La formule (2) montre que φ_1 diminue quand ω décroît et impose une borne inférieure à N.

J'ai choisi $\tau/T = 1/10$, $N = 2.10^7$ pour satisfaire à ces deux limitations.

Réalisation. — A. *Cellule modulatrice.* — L'intensité lumineuse d'une source continue de lumière est modulée à l'aide d'une cellule à onde stationnaire ultrasonore décrite antérieurement ([1]).

Le quartz émetteur est excité par une tension V_0 de fréquence N/2.

B. *Mesure de* φ_1. — *a.* La lumière émise par fluorescence est reçue par un multiplicateur électronique à onze étages orienté perpendiculairement au faisceau excitateur. Cet appareil débite dans un circuit antirésonant accordé sur la fréquence N et suivi d'un amplificateur à lampes à trois étages accordés sur cette même fréquence.

La tension V_1 développée à la sortie de ce dispositif a une amplitude proportionnelle à l'amplitude de I'_1 et une phase égale à $\varphi_1 + \alpha$ (α étant une constante).

b. La mesure de cette phase est effectuée à l'aide d'un phasemètre électrique constitué par les éléments suivants :

1° Un dispositif de déphasage basé sur l'emploi d'un champ tournant, qui est alimenté en parallèle avec le quartz par la tension V_0 de fréquence N/2 et qui fait subir à celle-ci un déphasage connu.

2° Un étage doubleur de fréquence.

3° Un dispositif de maintien automatique de l'amplitude à une valeur constante réglable.

La tension V_2 fournie par cet appareil a donc pour fréquence N; son amplitude est constante et sa phase φ_2 peut varier de quantités connues.

4° Une lampe détectrice, sur laquelle agit la somme $V_1 + V_2$.

Quand on fait varier φ_2 à l'aide du déphaseur, cette somme passe par un minimum au moment où V_1 et V_2 sont en opposition de phase. φ_1 alors égal à $\varphi_2 + \pi$ est donc déterminé à une constante additive près. On augmente la précision de pointé du minimum en amenant l'amplitude de V_2 à l'égalité avec celle de V_1 et, d'autre part, en prenant l'intersection de la courbe $V_1 + V_2 = f(\varphi_2)$ avec son diamètre conjugué de la direction de l'axe $O\varphi_2$. On étalonne l'appareil en recevant sur le multiplicateur un faisceau lumineux modulé qui a parcouru un chemin optique connu et auquel on donne diverses valeurs.

Mesures sur la fluorescence des matières colorantes. — La source lumineuse est une lampe à incandescence. Devant le multiplicateur électronique on peut disposer : *a.* un écran métallique qui reçoit la lumière modulée et donne lieu à

([1]) G. Goudet, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 228.

sa diffusion instantanée; *b*. une cuve contenant une solution de la matière fluorescente étudiée.

On mesure successivement la phase de la lumière diffusée par l'écran, et de la lumière émise par la substance fluorescente. La différence de ces nombres est la phase φ_1 cherchée.

La luminosité du montage est telle que les variations de courant plaque de la détectrice sont de plusieurs centaines de microampères. L'erreur commise dans chaque pointé de phase est alors de $\pm 2\pi.2.10^{-3}$ et l'erreur sur φ_1 est donc $\pm 2\pi.4.10^{-3}$, ce qui correspond à $\pi\tau = 2.10^{-10}$ seconde.

Les mesures sont très rapides et permettent aisément une étude systématique de l'action de divers facteurs sur les durées de vie.

A titre d'exemple, j'ai ainsi trouvé :
pour l'uranine en solution dans l'eau, à la concentration de 10^{-5} g/cm^3,

$$\tau = 0,45.10^{-8};$$

pour la rhodamine B, dans les mêmes conditions,

$$\tau = 0,18.10^{-8}$$

en accord avec d'autres auteurs ([2]).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation et sur quelques propriétés du glucinium.* Note de M. **Raymond Rohmer**, présentée par M. Paul Lebeau.

A la suite de Lebeau ([1]) de nombreux auteurs ont tenté de perfectionner les méthodes de préparation du glucinium en procédant, soit par électrolyse comme Stock et ses collaborateurs ([2]) qui opèrent à 1400°, soit par réduction de la glucine au moyen du titane ou du magnésium, réaction limitée par la réaction inverse, ou enfin par action du lithium, du sodium ou du potassium sur le chlorure ou un fluorure de glucinium. Ces dernières réactions, très vives, donnent du glucinium à l'état pulvérulent et mélangé à de la glucine inséparable du métal.

Nous avons dû abandonner complètement la préparation du glucinium métallique ou d'alliages par aluminothermie, comme le préconisait Kuhne ([3]), opérant la réduction de la glucine par l'aluminium en présence de chlorate ou perchlorate. Nous avons tenté de réduire la glucine ou l'un des fluorures

---

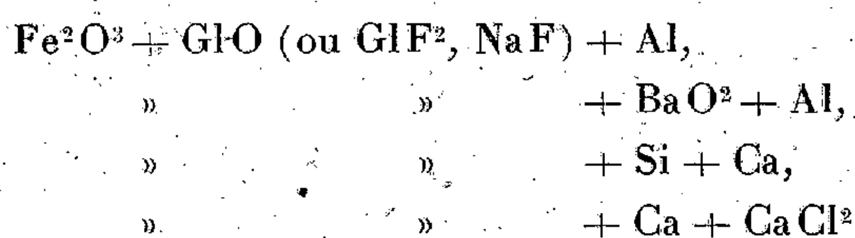
([2]) Gaviola, *Zeits. f. Phys.*, **42**, 1927, p. 853; F. Perrin, *Ann de Phys.*, **12**, 1929, p. 169; W. Cramm, *Zeits. f. Phys.*, **103**, 1936, p. 557; Maerks, *Zeits. f. Phys.*, **109**, 1938, p. 685.

([1]) *Ann. chim. et phys.*, 7e série, **16**, 1899, p. 484.

([2]) Stock, Goldschmitt, Praetorius et Priess, *Z. angew. Chem.*, **42**, 1921, p. 215.

([3]) *Chem. Zentr.*, **1**, 1907, p. 1474.

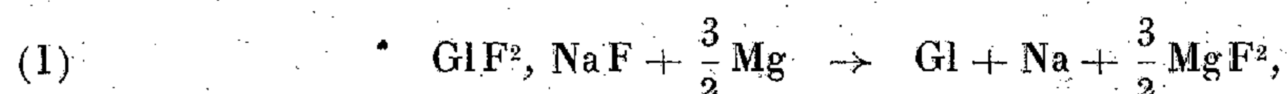
doubles de glucinium et de sodium, GlF^2, $2NaF$ et GlF^2, NaF, par l'aluminium, le calcium, le magnésium, le silicium, en l'absence ou en présence de fondants, d'oxydants, de gaz inertes, d'apport de chaleur, le creuset à réaction étant placé dans un autre rempli de thermite. Malgré ces nombreux essais, nous avons seulement pu caractériser la formation de glucinium métallique par action du fluorure de glucinium et de sodium, GlF^2, NaF, sur l'aluminium en présence de bioxyde de baryum et par action du silicium dans un courant d'hydrogène sur le même sel; seule la réduction d'un mélange de glucine et de bioxyde de baryum par l'aluminium nous a donné un régule constitué par un alliage d'aluminium et de glucinium ([4]). Les essais de préparation d'alliages de fer et de glucinium par aluminothermie ont porté sur les mélanges



$$\begin{aligned}&Fe^2O^3 + GlO \text{ (ou } GlF^2, NaF) + Al,\\ &\quad \text{»} \qquad \text{»} \qquad + BaO^2 + Al,\\ &\quad \text{»} \qquad \text{»} \qquad + Si + Ca,\\ &\quad \text{»} \qquad \text{»} \qquad + Ca + CaCl^2\end{aligned}$$

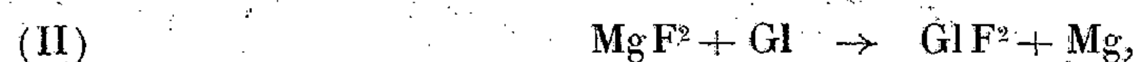
dans lesquels la glucine a remplacé l'oxyde de fer en quantités variables. En desséchant et en dosant soigneusement les solides, la réaction donne naissance à un beau régule de fer sans gangue, mais dans aucune expérience ce régule ne contenait du glucinium. Celui-ci s'oxydait au détriment de l'alumine ou de la silice ou brûlait simplement.

La méthode suivante permet d'éviter l'oxydation du glucinium et de rassembler le métal seul. On chauffe le mélange intime de fluorure double GlF^2, NaF et de magnésium, aggloméré en pastilles, dans le vide ($p = 1:100^{mm}$ de mercure). Le calcium peut remplacer le magnésium, mais le sodium et l'aluminium ne réagissent pas dans les conditions de l'expérience. Le glucinium est quantitativement libéré entre 600° et 700°; à cette température, la réaction



$$\text{(I)} \qquad GlF^2, NaF + \frac{3}{2}Mg \rightarrow Gl + Na + \frac{3}{2}MgF^2,$$

n'est pas limitée par la réaction inverse



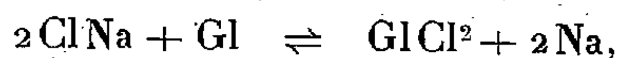
$$\text{(II)} \qquad MgF^2 + Gl \rightarrow GlF^2 + Mg,$$

mais le glucinium obtenu est intimement mélangé à du fluorure de magnésium, alors que le sodium et le magnésium ont distillé sur un tube réfrigérant qui plonge dans le four. En chauffant à 1350°, température à laquelle le glucinium et le fluorure de magnésium comme celui de calcium sont liquides, le métal et le sel se séparent en deux couches distinctes. Après refroidissement, le fluorure plus lourd est en effet rassemblé sous forme de culot au fond du creuset; le glucinium, au-dessus, n'est même pas au contact du sel; il en est nettement

([4]) Voir MERCK, D. R. P., 410, 563.

séparé et se trouve déposé sur les parois supérieures du creuset par suite de l'entraînement au moyen de bulles ou d'une distillation. Le métal contient des traces de fluorure et de petites quantités de magnésium ou de calcium, variables suivant les masses de réactifs mis en œuvre. Il est possible que cette réaction effectuée sur quelques centaines de grammes donne un lingot de glucinium homogène. D'autres essais nous permettront de déterminer exactement le rendement de cette préparation qui, à 1350°, est abaissé par la réaction inverse (II).

Certains auteurs ont proposé de rassembler le glucinium pulvérulent au moyen d'un fondant comme le chlorure de sodium; à cette température le glucinium commence déjà à se substituer au sodium; à 1000°, dans le vide et en présence d'un réfrigérant permettant la condensation du sodium, le déplacement du sodium par le glucinium est total. On a donc



$$2ClNa + Gl \rightleftharpoons GlCl^2 + 2Na,$$

réaction qui a été utilisée, à 800°, pour la préparation du glucinium.

Nous avons également constaté la réduction de l'alumine, à la suite de Matignon et Marchal [5], de la silice, des phosphates en phosphures et la combustion explosive, accompagnée d'une flamme livide, du glucinium dans le chlorate fondu, réactions d'autant plus faciles que la température est plus élevée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition de l'ascaridol sous l'action de la chaleur.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'ascaridol $C^{10}H^{16}O^2$ est le constituant le plus important de l'essence de *Chenopodium ambrosioides* L., *var. anthelminthicum* Gray; chauffé aux environs de 150°, il se décompose brutalement en laissant un résidu brun, de consistance huileuse, et en dégageant des gaz qui seraient constitués par de l'éthane ou du propane [1].

Nous avons reproduit ce phénomène, en opérant dans diverses conditions, à seule fin de préciser la nature des composés gazeux formés.

Les gaz recueillis au cours de ces essais ont été analysés selon la méthode de MM. P. Lebeau et A. Damiens [2].

L'ascaridol a été soumis à l'action de la chaleur dans le vide ($0^{mm},1$), dans l'air (760^{mm}) et dans l'azote (760^{mm}).

Alors qu'il distille dans le vide sans décomposition à 76-77° sous $0^{mm},7$, dans

---

([5]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 715.

([1]) *Bericht von Schimmel und C°*, avril 1908, p. 114.

([2]) *Comptes rendus* 156, 1913, pp. 144, 325 et 557.

l'air et dans l'azote il donne un mélange d'oxyde de carbone, de propylène, d'éthylène, de propane et d'une faible quantité d'anhydride carbonique. L'identification du propylène a été faite par différence entre deux combustions eudiométriques, l'une sur les gaz éthyléniques totaux, l'autre sur ces mêmes gaz débarrassés des carbures éthyléniques supérieurs, en les absorbant par l'acide sulfurique à 63° Bé.

En outre nous avons cherché à décomposer l'ascaridol dans le vide, en le chauffant à l'aide d'une petite spirale de platine qui plongeait dans le liquide. Ce fil étant porté à 300-320°, nous l'avons maintenu à cette température jusqu'à ce que les gaz dégagés aient été entièrement tirés à la trompe à mercure. Ces gaz, recueillis en trois fractions, présentaient la même composition. Pour une prise d'essai de 2g,240, l'expérience a duré 2 heures.

Dans le tableau ci-dessous se trouvent réunis les résultats de nos analyses.

Conditions opératoires.	Prise d'essai.	Vcm³ par millimol-g.	CO.	Propylène.	Éthylène.	Propane.	CO^2	Indéterminés.
Dans l'air...	0,293	2,32	1,25	0,24	0,26	0,51	0,06	–
	0,437	1,93	0,92	0,23	0,23	0,49	0,06	–
Dans l'azote.	0,510	1,64	0,78	0,19	0,22	0,40	0,05	–
	0,295	2,05	0,96	0,17	0,31	0,55	0,06	–
	2,046	1,26	0,48	0,12	0,17	0,46	0,03	–
Dans le vide.	2,240	3,70	1,41	0,51	0,46	1,17	0,13	0,02

En résumé nous avons montré que :

1° à la pression atmosphérique, la présence de l'oxygène n'est pas nécessaire pour amorcer la réaction de décomposition de l'ascaridol sous l'action de la chaleur;

2° dans le vide, ce phénomène ne peut se produire qu'à partir d'une température voisine de 320°;

3° les gaz qui sont alors dégagés présentent sensiblement la composition relative suivante par rapport à la proportion d'éthylène prise comme unité :

	Propane.	Oxyde de carbone.	Propylène.	Éthylène.
Parties..........	2	3	1	1

PHARMACODYNAMIE. — *Cessation spontanée des effets de l'adrénaline sur l'intestin isolé sans destruction de celle-ci. Conditions expérimentales favorisant ou empêchant cette destruction.* Note de Mlle **Marcelle Beauvallet**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

A part quelques exceptions, les effets de l'adrénaline sont généralement très fugaces, ce qui semble aller de pair avec sa facile destruction par oxydation. Néanmoins, la question s'est maintes fois posée de savoir si la cessation spontanée des effets de ce poison est uniquement due à sa destruction au niveau

des appareils effecteurs ou si elle ne doit pas être également attribuée à son caractère de poison potentiel déjà reconnu dès 1907 par Straub ([1]) et par son élève Kretschmer ([2]). On sait que, pour expliquer cette cessation spontanée des effets des poisons potentiels, Straub admet que l'action de ces poisons résulte d'une différence de concentration du toxique entre l'extérieur et l'intérieur des appareils sensibles, d'où cessation de cette action dès que le poison a pénétré dans ces appareils en quantité suffisante pour qu'un certain équilibre s'établisse. D'autres auteurs ([3]) admettent au contraire que les poisons potentiels provoquent dans les appareils effecteurs une réaction antagoniste d'adaptation qui contrebalance l'action du poison et parvient même à l'annihiler. Dans les deux hypothèses, la destruction de l'adrénaline, quoique toujours possible, n'est pas considérée comme la principale cause déterminante de la cessation des effets, et la plupart des auteurs ont précisément pu montrer qu'au moment de cette cessation le poison n'est pas détruit. C'est ainsi qu'en ce qui concerne la cessation spontanée de l'effet inhibiteur de l'adrénaline sur l'intestin, Jendrassik et Moser ([4]), Morin ([5]), puis Tiffeneau et Scheiner ([3]) ont constaté qu'il n'y a pas destruction notable du poison. Cependant, il ressort des expériences de Fritz ([6]), puis de celles plus récentes de Lavollay ([7]), que, dans des conditions sensiblement analogues, la cessation de l'effet correspond à la disparition de l'adrénaline. Ainsi il semble qu'il y ait des conditions opératoires dans lesquelles l'adrénaline est incontestablement détruite et où sa destruction coïncide avec la cessation des effets, alors qu'il en est d'autres où cette cessation s'observe malgré la présence expérimentalement constatée de l'adrénaline. Le problème qui se pose est donc de savoir dans quelles conditions l'oxydation de l'adrénaline est tantôt accélérée, tantôt ralentie.

Nous croyons être parvenue à préciser quelles sont ces conditions. Les expériences que nous avons réalisées nous ont en effet permis d'établir les faits suivants : 1° Les solutions d'adrénaline dans du Tyrode pur, maintenues à la température de 38°, s'oxydent assez rapidement et deviennent alors physiologiquement inactives; à la concentration de 10^{-7}, il suffit de quelques minutes pour que s'opère cette destruction. Ceci confirme entièrement les observations de Jendrassik et Moser ([4]); 2° Les mêmes solutions, faites dans du liquide de Tyrode qui a été maintenu pendant 30 minutes environ en contact avec un fragment d'intestin de cobaye (1^g à $1^g,5$ pour 100^{cm^3} de liquide), peuvent se conserver longtemps à 38° sans qu'il y ait altération de l'adrénaline

(1) *Pflüg. Arch.*, 119, 1907, pp. 143-144.
(2) *Arch. exp. Pathol. Pharm.*, 53, 1907, p. 423.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 448.
(4) *Bioch. Zeitschr.*, 152, 1924, p. 94.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 372; *Arch. int. Pharm.*, 64, 1940, p. 190.
(6) *Pflüg. Arch.*, 220, 1928, p. 495.
(7) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1193; *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 287.

et, par conséquent, avec conservation à la fois des effets hypertenseurs et de l'action inhibitrice intestinale de ce poison. Le titrage biologique effectué sur la pression artérielle du chien atropinisé montre en effet que, dans ces conditions, et après 30 ou même 60 minutes, les solutions d'adrénaline de concentration 10^{-7} et 10^{-6} sont presque aussi actives que les solutions fraîches. De même si l'on fait agir les solutions d'adrénaline ainsi stabilisées sur un autre fragment d'intestin, on observe, comme l'ont constaté Jendrassik et Moser ([4]), un effet inhibiteur typique; cet effet est d'ailleurs suivi plus ou moins tardivement d'un retour spontané vers l'état initial.

Il est donc établi que l'intestin plongé dans du liquide de Tyrode libère, dans celui-ci, des substances capables d'inhiber la destruction de l'adrénaline. Dès lors, suivant les conditions expérimentales, notamment suivant que le volume du liquide est plus ou moins grand, ou encore suivant le poids du fragment d'intestin ou la durée de son contact avec le liquide de Tyrode, on conçoit que la concentration des substances protectrices puisse atteindre un taux plus ou moins élevé, et c'est ainsi que l'on pourrait peut-être expliquer les observations contradictoires des différents auteurs ([8]).

En résumé, tout en confirmant la possibilité d'une cessation des effets inhibiteurs intestinaux de l'adrénaline par destruction de celle-ci, nos expériences montrent, d'accord avec celle de Jendrassik et Moser, que cette cessation d'effets peut se produire spontanément sans qu'il y ait destruction du poison, notamment lorsque, sous l'influence des substances protectrices libérées par l'intestin, l'adrénaline reste inaltérée pendant un certain temps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la dénaturation du fibrinogène par les anticoagulants.* Note de M. **Georges Crut**, présentée par M. Maurice Javillier.

A. Le liquoïde ou anétholdisulfonate de sodium a-t-il comme anticoagulant une action directe sur la thrombase, sur sa formation, ou au contraire agit-il indirectement sur le phénomène de la coagulation?

Les expériences que j'ai réalisées à ce sujet montrent que c'est bien sur le fibrinogène que le liquoïde porte son action.

I. — *Expérience avec le fibrinogène.*

%.	Liquoïde.	Solution de fibrinogène.	Eau.	Solution de thrombase.	Temps de coagulation.
0	3 gouttes	3 gouttes	3 gouttes	3 gouttes	6 sec
0,02	»	»	»	»	10 »
0,04	»	»	»	»	14 »
0,1	»	»	»	»	18 »
0,2	»	»	»	»	55 »
1	»	»	»	»	(*)

(*) Pas de coagulation (précipitation).

([8]) Le volume du bain est de 70^{cm^3} dans les essais de Jendrassik et de 140^{cm^3} dans ceux de Lavollay.

On constate que la solution de fibrinogène louchit de plus en plus avec l'accroissement de teneur en liquoïde de la solution et, pour un titre de celle-ci de 1 % (diluée au 1/4 par l'essai), la coagulation devient infinie; le fibrinogène est alors précipité sous une forme dénaturée, insoluble dans une solution de NaCl à 9 ‰ et par conséquent incoagulable par la thrombase.

II. — *Expérience avec le plasma de cheval oxalaté.*

%.	Liquoïde.	Plasma.	Eau.	Solution de thrombase.	Temps de coagulation.
0..........	–	3 gouttes	3 gouttes	3 gouttes	22 sec
0,2........	3 gouttes	»	0 goutte	»	50 »
0,25.......	»	»	0 »	»	2 min 30 sec
1..........	»	»	0 »	»	(*)

(*) Pas de coagulation.

III. — *Expérience avec le plasma fluoré*
(*le fluorure n'empêchant pas l'action de la thrombase*) (1).

0..........	–	3 gouttes	3 gouttes	3 gouttes	15 sec
0,2........	1 goutte	»	2 »	»	18 »
»........	2 »	»	1 »	»	46 »
»........	3 »	»	0 »	»	55 »
0,5........	1 »	»	2 »	»	40 »
»........	2 »	»	1 »	»	3 min 15 sec

Avec une solution à 0,5 % de liquoïde, on aperçoit un louche sensible dans l'essai; pour des titres inférieurs, le louche est peu apparent.

Remarque. — Si l'on additionne 20^{cm^3} de plasma oxalaté ou fluoré d'un égal volume de liquoïde à 0,2 % avec 10^{cm^3} d'eau et que l'on précipite le fibrinogène de ce mélange par une solution saturée de SO^4Am^2 au 1/3, on constate que le précipité obtenu est également insoluble dans une solution de NaCl à 9 ‰, ce qui indique que le fibrinogène ainsi précipité est également dénaturé. Le louchissement du plasma montrait déjà une action floculante par addition du liquoïde se portant plus spécialement sur le fibrinogène, tout comme dans la solution pure de celui-ci. (Expérience I.)

B. D'après Meissner et Wöhllish (2), l'urée, en tant que substance hydrotrope, modifie l'action de la thrombase sur le fibrinogène; le temps de coagulation en particulier, comme il résulte de ces essais, est très allongé.

%.	Solution d'urée.	Solution de fibrinogène.	Eau.	Solution de thrombase.	Temps de coagulation.
0..........	–	3 gouttes	3 gouttes	3 gouttes	11 sec
5..........	3 gouttes	»	0 »	»	22 »
10..........	»	»	0 »	»	46 »
20..........	»	»	0 »	»	6 min 30 sec
40..........	»	»	0 »	»	45 min (*)

(*) Pas de coagulation.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1937.
(2) *Biochem. Z.*, 293, 1937, pp. 133-111.

De plus le relargage de la solution de fibrinogène en présence de 30 % d'urée par une solution de NaCl concentrée est beaucoup plus difficile. Il faut environ 5 volumes de celle-ci au lieu d'un, mais ici, les deux auteurs cités mentionnent que le précipité de fibrinogène ainsi obtenu n'est plus soluble dans une solution de NaCl à 9 ‰, le phénomène étant irréversible. Les expériences suivantes faites avec du fibrinogène très pur, obtenu par quatre ou cinq précipitations salines et filtration à la bougie, montrent qu'avec une préparation de date récente il n'en est rien.

Voici l'essai. Une solution de fibrinogène à 1,5 % est additionnée d'urée en quantité suffisante pour que la concentration finale soit de 30 %. On précipite par 5 volumes de solution de NaCl saturée. Le précipité recueilli par centrifugation est très soluble dans une solution de NaCl à 9 ‰, ajustée s'il y a lieu à pH neutre ([3]), coagule par la thrombase en 20 secondes, au lieu de 15 avec la solution de fibrinogène originelle. De plus, la solution séparée du précipité et additionnée d'acide acétique N/10 à pH final de 4,5 à 5, donne un nouveau précipité, qui se dissout dans une solution de NaCl à 9 ‰ seulement pour un pH ajusté à 7. Cette solution ne coagule plus par la thrombase. Elle se trouble par la chaleur comme une solution de protéine, et ce précipité est d'autant plus abondant que la solution de fibrinogène était plus ancienne. Il représente en quelque sorte les produits de dénaturation spontanée de la solution de fibrinogène qui, n'étant pas coagulables par la thrombase, se rapprocheraient sous ce rapport des produits signalés par les auteurs cités.

La difficulté de relargage par le NaCl du fibrinogène d'une solution additionnée d'urée peut aussi bien s'interpréter par la formation d'un complexe entre ces deux dernières substances, lequel serait d'ailleurs très labile, puisque dissociable, soit par dialyse, soit par addition d'un acide faible ou encore par addition d'une grande quantité d'une solution de chlorure de sodium saturée. Dans tous les cas, le fibrinogène obtenu ne serait pas altéré.

En résumé : 1° Le liquoïde agit comme anticoagulant sanguin en dénaturant le fibrinogène qui, n'étant plus soluble dans une solution de NaCl à 9 ‰, est incoagulable par la thrombase. Le liquoïde, par ses fonctions sulfones, se rapprocherait de l'héparine, autre anticoagulant, qui serait, d'après Jorpes, un dérivé de l'acide chondroïtine sulfonique.

2° L'urée à dose élevée n'empêche pas la précipitation du fibrinogène, très pur en solution très récente par le chlorure de sodium, d'être réversible. Les produits de dénaturation apparaissent par contre rapidement par autohydrolyse dans une solution de fibrinogène de fraîche date et dont la conservation devient, de ce fait, très difficile.

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

A. Lx.

([3]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 95.

ERRATA.

(Séance du 17 novembre 1941.)

Note de M. *Marcel Sédille*, Sur la similitude des turbomachines à fluides compressibles :

Page 684, ligne 2 en remontant, *au lieu de* $P_0/\sqrt{T_0}$, *lire* $P_0\sqrt{T_0}$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 AVRIL 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL**, au nom du COMITÉ BLONDEL, fait hommage à l'Académie d'une plaquette contenant diverses études sur l'œuvre de M. **ANDRÉ BLONDEL**.

MAGNÉTISME. — *Sur la séparation magnétique de substances diamagnétiques ou paramagnétiques.* Note de MM. **AIMÉ COTTON** et **BELLING TSAÏ**.

On utilise, comme on sait, le magnétisme pour trier dans un mélange des substances nettement attirables à l'aimant, mais on n'a pas, à notre connaissance, cherché à séparer de même les unes des autres des substances diamagnétiques ou très faiblement paramagnétiques. Les forces agissant sur ces substances sont en effet, en général, étant données les valeurs des coefficients d'aimantation χ (ou des susceptibilités en volume k), très petites si on les compare aux poids correspondants des échantillons. F. Ehrenhaft [1], d'une part, Brauenbeck [2], de l'autre, ont bien réussi à faire flotter dans l'air, à l'état d'équilibre stable, de petites particules diamagnétiques, mais n'ont obtenu cette *lévitation* que pour des particules microscopiques de bismuth [1], ou pour des fragments de l'ordre du millimètre de bismuth ou de carbone [2].

Nous avons pensé qu'on pouvait généraliser beaucoup les résultats obtenus par Ehrenhaft et Brauenbeck en plaçant les corps soumis à l'essai non plus dans l'air, mais dans un liquide fortement paramagnétique. Nous en avons rempli un récipient allongé (à double paroi formant enceinte vide d'air) que nous avons disposé verticalement dans le grand électroaimant de l'Académie des Sciences, dans la région située au-dessus de l'axe de révolution horizontal de l'instrument où le champ décroît nettement de bas en haut.

Si l'oxygène est à sa température d'ébullition sous la pression atmo-

---

[1] *Zeits. für Physik*, 40, 1926, p. 46.
[2] *Zeits. für Physik*, 112, 1939, pp. 547 et 764.

sphérique, voisine de 90°K., on peut admettre que sa densité d_l est voisine de 1,15, et sa susceptibilité en volume k_l de 276.10^{-6}. En réalité, il est bien préférable de refroidir un peu plus l'oxygène, ce qui se fait simplement en y immergeant un instant un tube auxiliaire où l'on a versé de l'azote liquide, dont le point d'ébullition est plus bas, tube qu'on retire aussitôt après l'avoir agité dans le liquide. On évite ainsi la production de nombreuses bulles et de mouvements parasites dans le liquide qui gêneraient l'observation; le changement de température ainsi produit est assez petit pour qu'on puisse conserver les valeurs admises pour d_l et k_l.

Si l'on considère alors dans le liquide, à un niveau z au-dessus de l'axe de l'électroaimant, un élément de volume du corps immergé dont la densité est d et la susceptibilité k, il tendra à s'élever si le demi-gradient de $\mathcal{H}^2$, c'est-à-dire l'expression $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial z)$, dépasse la valeur critique donnée par la relation

$$\mathcal{H}\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial z}=\frac{d-d_l}{k_l-k}g. \tag{1}$$

Nous avons déterminé les valeurs de cette expression $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial z)$ pour l'électroaimant employé pour diverses valeurs du courant magnétisant. L'entrefer était de 15^{mm} et nous avions laissé les pièces polaires (pièces de révolution tronconiques, d'angle 120°, terminées par des facettes de 10^{mm} de diamètre) qui servaient en même temps à d'autres recherches. Les valeurs cherchées étaient ou bien obtenues directement en déterminant les forces verticales subies par une petite sphère de bismuth attachée dans l'air à une balance ou bien déduites de mesures du champ faites à diverses hauteurs z au-dessus de l'axe de l'électroaimant. Les courbes obtenues montrent que, lorsque z croît, l'expression $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial z)$, nulle dans la partie uniforme du champ, croît ensuite, atteint un maximum qui dépasse 29.10^6 CGS pour le courant de 400 A habituellement employé, et décroît finalement. On pouvait dès lors prévoir que, si l'on plaçait dans le liquide des substances très variées, on les verrait venir y occuper les niveaux pour lesquels la relation (1) est vérifiée et pour lesquels on peut prévoir que l'équilibre est stable dans le sens vertical. C'est bien ce que l'on constate avec des échantillons de ces diverses substances : on les voit s'élever rapidement vers ces niveaux et y revenir lorsqu'on les dérange. C'est seulement près des parois intérieures du vase que l'on peut voir, en constatant que les corps ainsi immergés ont une tendance à se déplacer horizontalement et à venir contre ces parois, que les conditions de la *lévitation* ne sont pas remplies en toute rigueur et que de faibles forces horizontales persistent.

Le tableau ci-contre donne (dans le cas du courant de 400 A) les hauteurs z (en cm) auxquelles s'élèvent diverses substances et les valeurs correspondantes $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial z)$ résultant des mesures. D'autre part le tableau donne les valeurs approximatives des densités (en négligeant la dilatation des solides) et

des susceptibilités des substances à la température de l'oxygène liquide. Les nombres figurant dans le tableau permettent alors de calculer, pour chaque corps, la valeur de $[(d-d_l)/(k_l-k)]g$ et de la comparer à la valeur correspondante de $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial z)$ du z mesuré : on trouve alors que l'accord est satisfaisant. Des mesures plus précises exigeraient des échantillons de petite dimension, des déterminations directes de la température etc.

On a séparé dans le tableau les substances diamagnétiques et paramagnétiques. On voit que les premières s'échelonnent dans l'ordre des densités : il ne faut pas être surpris que cela arrive souvent, étant données les valeurs des coefficients d'aimantation, et même des susceptibilités k correspondantes : au dénominateur, k étant négatif, sa valeur absolue s'ajoute dans chaque cas au terme constant beaucoup plus grand k_l. Pour les corps paramagnétiques la grandeur des coefficients d'aimantation et des susceptibilités joue un rôle bien plus important ; on comprend que l'expérience peut en effet fournir un procédé (applicable sans doute seulement dans des cas particuliers) pour séparer commodément des substances d'après les signes et les valeurs des coefficients. En tout cas elle fournit un moyen rapide de détermination de ces coefficients eux-mêmes avec les valeurs qu'ils ont à basse température. Elle s'applique à des corps à l'état de poudres dont les grains viennent se rassembler près des niveaux caractéristiques des substances employées.

			Oxygène liquide ([a]).		Solution $Mn(NO^3)^2+6H^2O$ ([b]).	
Corps.	d.	$k.10^6$.	z (cm).	$\mathcal{H}\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial z}.10^{-6}$.	z (cm).	$\mathcal{H}\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial z}.10^{-6}$.
Bismuth	9,8	− 13,7	9	29	−	−
Antimoine	6,67	− 3,8	12,5	20	−	−
Sélénium	4,8	− 0,3	17	13,2	−	−
Barytine	4,5	−	18,5	12	−	−
Topaze	3,5	−	22	9,4	−	−
Fluorine	3,18	− 2	25,5	7,3	10	25
Spath	2,7	− 1	29,5	5,6	13,5	18
Quartz	2,65	− 1,2	30	5,4	14	17
Gypse	2,3	− 0,83	34	4,1	19	11,5
Graphite	2,25	− 8	38	3,8	21	10
Soufre	2,07	− 0,85	40	3,3	24	8
Anthracite	1,6	− 0,55	60	1,6	−	−
Plexiglass	−	−	70	−	−	−
Sulfure de carbone	1,26	− 0,8	−	−	−32,5	4,6
Permanganate de potassium	2,71	+ 5,35	29	5,7	−	−
Bichromate de potassium	2,70	+ 0,36	29,5	5,6	−	−
Sulfate de cuivre	2,27	+ 39,5	32	4,8	−	−
Alun de chrome	1,83	+ 77,5	40	3,4	−	−
Alun de fer et d'ammonium	1,72	+169	30,5	5,2	−	−
Sel de Mohr	1,86	+197	−	8,8	−	−

([a]) $d_l=1,15$; $k_l=276.10^{-6}$. ([b]) $d_l=1,55$; $k_l=62,5.10^{-6}$.

II. On peut remplacer, dans un assez grand nombre de cas, l'oxygène liquide par des solutions dans l'eau ou d'autres solvants, avec lesquelles on peut alors opérer à la température ambiante. Par exemple, avec une solution concentrée de nitrate de manganèse ([3]), nous avons observé la lévitation du bismuth, de l'antimoine, et pu constater, pour les corps qui ont donné les résultats indiqués dans les colonnes de droite du tableau, l'accord entre les valeurs calculées et observées des niveaux.

On trouve à la fin du tableau un résultat relatif au sulfure de carbone. Il flotte naturellement dans la solution, mais, si l'on met le tube qui la contient en dessous, cette fois, des pôles et si on y introduit avec une pipette, au-dessous de la surface libre, une goutte de sulfure, on voit qu'elle est refoulée vers le bas lorsqu'on excite l'électroaimant. Beaucoup de liquides organiques diamagnétiques ou moins paramagnétiques que le liquide ambiant plus dense se comporteraient de même, et la mesure des niveaux atteints renseignerait sur les valeurs de leurs susceptibilités.

III. Il y a une autre façon de généraliser ces expériences. Avec le grand électroaimant qui nous a servi, elles prennent une forme frappante, parce que les diverses substances peuvent être largement séparées les unes des autres. Mais ce n'est pas l'instrument qui convient le mieux dans tous les cas.

Qu'arriverait-il si l'on employait un électroaimant plus petit, K fois plus petit par exemple? Si cet instrument pouvait être absolument semblable au grand et formé des mêmes matières, les champs produits seraient exactement les mêmes aux points qui se correspondraient homothétiquement, mais les valeurs de la dérivée $\partial\mathcal{H}/\partial z$ deviendraient K *fois plus grandes* et il en serait de même des forces s'exerçant sur un petit corps de volume donné. Lorsqu'un corps devient très petit, l'influence de l'agitation moléculaire devenant plus grande, les mouvements browniens viennent contrarier l'action des forces comme la pesanteur ou les forces magnétiques. Aussi, dans le cas de corps très petits, comme les micelles colloïdales (ou peut-être de grosses molécules elles-mêmes), ce sont des instruments très petits avec lesquels les forces magnétiques pourraient être *beaucoup* plus énergiques que la pesanteur, qui seraient susceptibles de rendre des services pour effectuer des séparations. Naturellement, il faudrait réduire aussi proportionnellement les intervalles à prévoir entre les substances isolées les unes des autres.

([3]) Cette solution n'est peut-être pas assez stable et n'est donc peut-être pas celle qui convient le mieux à de telles mesures : on pourrait toutefois faire dissoudre une masse de sel pesée à l'avance dans un volume donné d'eau et employer la solution peu après.

CATALYSE. — *Sur la condensation de l'acétylène en benzène.*
Note de MM. PAUL PASCAL et CHRISTIAN COUPARD.

La réaction classique de condensation de l'acétylène en carbures aromatiques, due à Berthelot ([1]), avait été conduite par lui comme une simple réaction thermique en phase gazeuse pure. Elle avait fourni à son auteur une proportion notable de goudron contenant des carbures aromatiques, à la suite d'une cyclisation partiellement avortée et arrêtée au stade vinylique. Les rendements en benzène, en particulier, étaient limités. Meyer et ses collaborateurs ([2]), reprenant le travail de Berthelot sans autre modification qu'une dilution de l'acétylène dans des gaz présumés inertes, ont confirmé le caractère très complexe de la réaction homogène; leurs rendements en benzène, cette fois quantitativement déterminés, n'ont pas dépassé 20 % du gaz condensé ou 12 % du gaz total mis en jeu.

Plus tard, Moissan et Moureu ([3]), Sabatier et Senderens ([4]) cherchèrent à catalyser la réaction par l'action des métaux divisés. Mais le succès de cette tentative fut médiocre et inégal, à cause de la décomposition notable de l'acétylène en ses éléments, que Berthelot avait déjà observée sur le charbon de bois. Zelinsky ([5]), cependant, obtint de meilleurs résultats en réalisant la réaction hétérogène au contact de charbon de bois activé; mais ses rendements en benzène ne dépassaient pas ceux de Meyer, et il obtenait des quantités de produits très légers vinyliques et de produits anthracéniques.

Des résultats comparables sont dus à Fischer, Bangert et Pichler ([6]) avec l'emploi du charbon actif, du gel de silice, du graphite etc.; ils constatent que le dépôt initial de carbone donné, entre 600° et 700°, par la décomposition de l'acétylène, est la cause d'une amélioration notable de la catalyse de condensation.

L'un de nous avait déjà mis en évidence, par une analyse aux rayons X ([7]), le rôle important que joue la cristallisation de ce carbone et surtout l'orientation de ses plans cristallins par rapport au courant gazeux; la cristallisation et l'orientation s'étaient montrées influencées par les ajoutes métalliques et métalloïdiques contenues dans les aciers qui servaient à constituer les tubes de réaction. C'est en cherchant dans les carbures métalliques un catalyseur plus convenable que nous fûmes conduits à choisir le carbure d'aluminium comme agent de cyclisation presque exclusive de l'acétylène en benzène.

On peut utiliser pour la réaction, soit le carbure d'aluminium pur, en larges cristaux jaune d'or, obtenu par Moissan au four électrique, soit le carbure moins pur, blanchâtre, confusément cristallin, préparé par Matignon à température moins élevée et qui contient un excès d'aluminium; on peut encore former le carbure dans l'appareil, en petits cristaux jaunâtres, en y chauffant du graphite ou du charbon de cornue granulé, enrobé d'aluminium en poudre.

([1]) *Ann. de Chimie et Physique*, 3e série, **53**, 1858, p. 188; 4e série, **9**, 1866, p. 446.

([2]) *Ber. d. Chem. Ges.*, **45**, 1912, p. 1609; **46**, 1913, p. 3183; **47**, 1914, p. 2765; **51**, 1918, p. 1571; **53**, 1920, p. 1261.

([3]) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 1240.

([4]) *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 250.

([5]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 882.

([6]) *Brennstoffchemie*, **10**, 1929, p. 279.

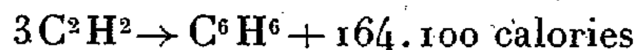
([7]) En collaboration avec M. Gross.

Le tube contenant le catalyseur est chauffé extérieurement par une résistance électrique. Le mieux est de le constituer en le forant dans un bloc cylindrique de charbon de cornue. On pourra prendre encore un bloc de graphite artificiel; mais il faut proscrire pour sa construction le fer ou les aciers ordinaires, le cuivre, la porcelaine, la silice fondue, à moins de les garnir intérieurement de charbon de cornue.

De tous les remplissages, celui qui nous a donné les meilleurs résultats est constitué par des grains de 6 à 8^{mm} de diamètre moyen, bien calibrés, formant un mélange de charbon de cornue et de carbure d'aluminium de Matignon. La proportion volumétrique du charbon de cornue doit être de un quart à un tiers à l'arrivée du gaz, pour décroître éventuellement jusqu'à zéro en queue d'appareil. Il est utile de ménager à l'arrivée un espace, vide de tout catalyseur, servant de zone de préchauffage, afin de réduire la décomposition de l'acétylène avec formation d'un dépôt de charbon qui finirait par agglomérer et colmater la masse de contact. Le tube peut être utilisé dans la position horizontale ou verticale; l'opération réussit mieux dans cette dernière position, le gaz circulant de bas en haut.

La substitution d'un charbon très poreux, dit activé, au charbon compact de cornue permet un passage plus rapide des gaz, mais il accentue le charbonnage, retarde ainsi le départ de la réaction et exige une température de régime plus élevée.

La température optima est voisine de 700-725°, bien qu'on obtienne encore une cyclisation appréciable aux extrémités de la gamme de température 600°-775°. La température de rendement maximum en aromatiques coïncide d'ailleurs avec celle qui a été considérée par l'un de nous comme la température critique de cyclisation aromatique pour un grand nombre de substances : alcools, aldéhydes, esters, corps gras. Le caractère fortement exothermique de la réaction



$$3C^2H^2 \rightarrow C^6H^6 + 164.100 \text{ calories}$$

a pour conséquence qu'une fois celle-ci amorcée, on doit réduire considérablement l'intensité du courant de chauffage initial.

La durée de contact avec le catalyseur variant de 30 à 100 secondes, à 700-725°, on obtient un rendement en produits condensables qui va de 80 à 95 % du poids de l'acétylène mis en jeu, sans qu'on trouve jamais de produits vinyliques en quantité appréciable (moins de 2 %).

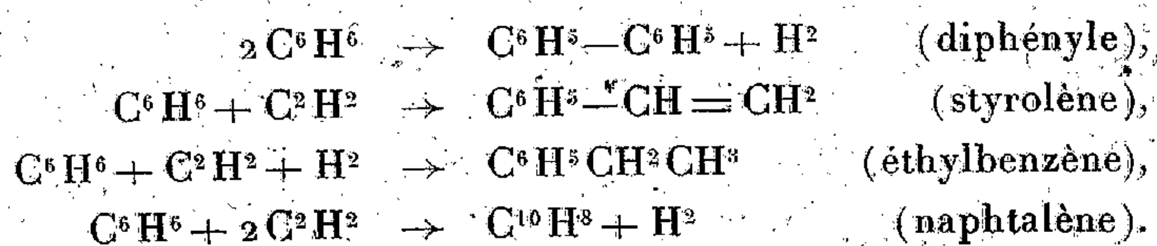
Le liquide obtenu est à peine teinté en jaune clair, et c'est une caractéristique du procédé; son fractionnement permet d'en séparer un petit nombre seulement de carbures très purs, dont les proportions varient faiblement d'une expérience à l'autre. Par exemple, dans les conditions optima de marche, on trouve :

	%
Benzène	50 à 60
Toluène, éthylbenzène, xylène, styrolène	10 15
Naphtalène	10 15
Diphényle	5 10
Huiles anthracéniques	5 10

Le rendement en benzène est au moins triple de celui de nos devanciers.

Il n'est pas nécessaire de sécher spécialement les gaz, mais un excès d'humidité pousse aux produits lourds non aromatiques, comme d'ailleurs un excès d'hydrogène.

Si l'on tient compte du fait que le diphényle est un produit de pyrogénation du benzène, on voit que la réaction primaire hétérogène de l'acétylène, au contact du carbure d'aluminium, ne fournit guère que du benzène, auquel s'ajoutent les produits de sa condensation avec l'acétylène, ou de sa pyrogénation :



$$2C^6H^6 \rightarrow C^6H^5—C^6H^5 + H^2 \quad \text{(diphényle)},$$
$$C^6H^6 + C^2H^2 \rightarrow C^6H^5—CH = CH^2 \quad \text{(styrolène)},$$
$$C^6H^6 + C^2H^2 + H^2 \rightarrow C^6H^5CH^2CH^3 \quad \text{(éthylbenzène)},$$
$$C^6H^6 + 2C^2H^2 \rightarrow C^{10}H^8 + H^2 \quad \text{(naphtalène)}.$$

Indiquons enfin qu'on peut modifier l'orientation de la catalyse hétérogène de façon à pousser au contraire à la production de composés vinyliques ou anthracéniques.

M. EMMANUEL DE MARGERIE fait hommage à l'Académie d'une *Note bibliographique sur la collection des Meddelelser om Grönland* et de *Comptes rendus de quelques ouvrages présentés en 1940 à la Section de Géographie du Comité des Travaux historiques et scientifiques*.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° G.-A. BOUTRY. *Introduction à l'art de la mesure* (présenté par M. Aimé Cotton).

2° MAX SERRUYS. *Étude du coefficient polytropique de détente dans un moteur à explosion* (présenté par M. Léon Guillet).

M. ANDRÉ COURTIER prie l'Académie de le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *E. Fichot*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la mesure de la tension superficielle des liquides par la méthode de vibration des jets.* Note de M. **Guy Littaye**, présentée par M. Henri Villat.

Dans les mesures de tension superficielle, on peut utiliser la surface libre du liquide sitôt après sa formation : on détermine ainsi la *tension dynamique* du liquide; on peut au contraire attendre un certain temps : on mesure alors la *tension statique*.

La méthode de détermination de la tension dynamique qui a fait l'objet de l'étude la plus complète est la méthode de vibration des jets, dont le principe a été indiqué pour la première fois par lord Rayleigh [1]. Supposons que, par suite de la dissymétrie de l'orifice, l'équation polaire d'une section droite d'un jet horizontal soit $r = a + b\cos 2\varphi$. L'équation polaire d'une section droite située à la distance x de la précédente est alors

$$r = a + b\cos 2\pi\frac{x}{\lambda}\cos 2\varphi;$$

λ représente la longueur d'onde. Le calcul de lord Rayleigh, complété par N. Bohr [2], donne pour expression de la tension superficielle du liquide

$$\text{(1)}\qquad T = \frac{\rho a^3 \lambda^2}{6 v^2}\left[1 - \frac{5}{3}\left(\frac{\pi a}{\lambda}\right)^2\right]\left[1 + \frac{37}{24}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right];$$

ρ désigne la masse spécifique du liquide et v la vitesse du jet. Le phénomène précédent permet de déterminer la tension superficielle du liquide très peu de temps après la formation de la surface libre. Cette méthode nécessite la mesure de ρ, λ, b, a et v. Les deux dernières grandeurs sont liées à M, débit en masse du jet, par la relation $M = \pi\rho a^2 v$; on remplace la détermination d'une d'entre elles par la mesure du débit. La mesure de ρ ne présentant aucune difficulté, il reste à effectuer la détermination, toujours délicate, de λ, b et v ou a.

La méthode la plus précise pour déterminer la longueur d'onde est celle de H. Stocker [3]. Celui-ci éclairait le jet par un faisceau lumineux parallèle et horizontal; le grand axe de la section droite de la veine liquide était alternativement vertical et horizontal. Chaque onde était traversée par un faisceau lumineux qui venait former, sur une plaque photographique, un trait lumineux normal au jet. Par suite de l'amortissement de la vibration, les traits correspondant aux diverses ondes n'étaient pas situés à la même distance de la veine liquide; la plaque photographique devait donc être inclinée sur le plan de celle-ci. Stocker mesurait la distance qui séparait les traits sur la plaque pho-

---

(1) *Proc. Roy. Soc. London*, 29, 1879, p. 71; 47, 1890, p. 281.
(2) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, 209, 1909, p. 281.
(3) *Zeits. Phys. Chem.*, 94, 1920, p. 149.

tographique et l'angle que formait celle-ci avec le plan du jet; des résultats obtenus, il déduisait la valeur de la longueur d'onde, Stocker utilisait une vibration du jet d'amplitude relative $b : a$ notable.

Nous avons cherché à améliorer la méthode précédente. L'étude analytique du phénomène nous a montré que le faisceau lumineux qui a traversé une onde venait former une caustique dont le point de rebroussement se trouvait à la distance

$$f = \frac{1}{2(n-1)a}\left(\frac{\lambda}{a\pi}\right)b, \tag{2}$$

n représentant l'indice de réfraction du liquide. Ce point de rebroussement correspond au trait lumineux observé par Stocker. Lorsque la plaque photographique coupe la caustique ailleurs qu'au point de rebroussement, le trait lumineux est remplacé par une bande lumineuse à bords nets qui permet des pointés aussi précis. Ceci nous permet de placer la surface sensible parallèlement au jet. La valeur de b peut se déduire facilement de la distance l qui sépare la surface sensible du jet et, le cas échéant, de la largeur de la bande lumineuse. Pour rendre négligeable le terme $(37/24)(b/a)^2$, correction d'amplitude finie de la vibration, nous utilisons un orifice presque circulaire et nous plaçons la surface sensible à une distance relativement grande du jet. Les traits lumineux s'étendent alors, latéralement, à une grande distance de la veine liquide. Normaux au jet, ils permettent de déterminer le rayon de courbure de celui-ci et, par suite, sa vitesse $v = \sqrt{Rg}$, g représentant l'intensité de la pesanteur. Une simple détermination du débit M nous donne alors la valeur de a. On voit que toutes les déterminations, à l'exception de celle de M, se réduisent alors à des mesures aisées de longueur, effectuées sur une photographie unique.

Voici les résultats d'une de nos expériences, relative à l'eau, à la température de 5° C. :

R. $70,_5$ cm; v, 279 cm : s; M, 2,01 g : s; a, $0,047_9$ cm; l, 54,6 cm.

Longueur des ondes successives :

$0,79_8$ cm $0,81_6$ $0,82_6$ $0,84_6$ $0,83_4$ $0,84_6$ $0,84_4$ $0,84_8$ $0,85_2$ $0,83_4$

En adoptant pour λ la valeur limite $0,84_4$ cm, on voit que l'amplitude relative de la vibration se réduit à 0,01. La correction d'amplitude finie est donc négligeable. On obtient ainsi, pour valeur de la tension superficielle de l'eau à 5° C., $75,_1$ dyne : cm.

On remarquera ici que la longueur d'onde augmente et tend vers une valeur limite à mesure qu'on s'éloigne de l'orifice. Bohr avait déjà signalé ce phénomène; Stocker, par contre, ne l'avait pas observé. Ceci tient, sans doute, à ce que ce dernier auteur utilisait une vibration d'amplitude notable, qui augmentait la valeur de λ comme le montre la relation (1). La diminution

de l'amplitude tendait à diminuer la longueur d'onde à mesure que le jet progressait; dans l'exemple donné par Stocker il y avait, par une heureuse coïncidence, compensation exacte entre l'effet précédent de l'augmentation de λ mise en évidence dans les expériences de Bohr et de nous-mêmes.

Nous continuons à étudier cette variation de la longueur d'onde qui se produit lorsqu'on s'éloigne de l'orifice le long du jet.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur une méthode de détermination des distances d'étoiles doubles inférieures au pouvoir séparateur.* Note ([1]) de M. **Gérard Oriano de Vaucouleurs**, présentée par M. Aimé Cotton.

Quand la distance ρ des composantes d'une étoile double (magnitudes m, $m+\Delta m$) devient inférieure au pouvoir séparateur ε, les mesures au micromètre à fils sont impossibles. On considère généralement que, dans ce cas, cette distance ne peut être convenablement mesurée qu'avec un instrument beaucoup plus grand ou par la méthode interférentielle; mais les très grands instruments sont rares et les installations interférométriques exceptionnelles, en sorte que les mesures en dessous de $0'',3$ sont très clairsemées et souvent médiocres, d'où de graves lacunes dans les orbites.

Or la connaissance des isophotes de l'image de diffraction d'une étoile double non résolue permettrait évidemment, par comparaison avec les courbes théoriques, la détermination de la distance inconnue ρ. Le tracé expérimental exact des isophotes d'une image de diffraction stellaire n'est pas encore possible; néanmoins ce principe peut être utilisé dès maintenant (il y a même un siècle qu'il peut l'être) grâce au fait que, dans toute la région moyenne du solide de diffraction résultant (la seule à considérer en pratique), les isophotes de l'image sont des courbes régulières, sans point d'inflexion dans le domaine envisagé ($\rho < 0,75\varepsilon$ environ) et à très peu près homothétiques par rapport au sommet du solide. Elles sont même assimilables à des ellipses pour $\Delta m = 0$ et n'en diffèrent pas trop pour $\Delta m \neq 0$.

En conséquence, dans un domaine étendu, la forme des isophotes est très suffisamment caractérisée par le rapport R de leur petit axe à leur grand axe, ou l'aplatissement $\alpha = 1 - R$ de l'ellipse correspondante, pratiquement indépendant de l'isophote considérée et simplement fonction de ρ/ε et de Δm; en particulier on constate que, dans tout le domaine utile, α est proportionnel à ρ^2/ε^2 pour $\Delta m = 0$; il est naturellement inférieur si $\Delta m \neq 0$.

Si l'on fait visuellement l'observation télescopique des objets aussi petits que les taches de diffraction stellaire, il y a lieu d'examiner l'influence des propriétés physiologiques de l'œil : elles jouent heureusement dans un sens favorable en

([1]) Séance du 8 avril 1942.

augmentant α (l'image apparente est plus allongée que les isophotes) et en atténuant la dissymétrie de l'image lorsque les composantes sont inégales, tendant ainsi à compenser l'influence de Δm.

Finalement, compte tenu de cette influence et en première approximation, l'emploi de la formule semi-empirique très simple

$$\rho = \varepsilon\sqrt{\alpha}(1+\eta)$$

où $\varepsilon = 1,22\,\lambda/D$ (λ = longueur d'onde effective, D = ouverture de la lunette) donne la distance ρ en fonction de l'aplatissement α de l'image de diffraction quasi elliptique de l'étoile double non résolue, lorsque Δm est inférieur à 1,5 environ, avec une erreur systématique η qui ne dépasse guère à priori 0,1 en valeur absolue et pourrait être aisément corrigée par étalonnage.

La détermination de α, c'est-à-dire de R, serait difficile à faire avec un micromètre, même en le montant dans un microscope pour réduire les fils ([2]), et elle ne serait pas pour autant exempte d'erreurs systématiques importantes ([3]); aussi est-il plus commode et expéditif d'évaluer R par simple estimation, ce qui, pour des observations délicates de ce genre, vaut bien les meilleures mesures au micromètre à fils.

L'expérience a montré que, dans ces conditions, l'erreur sur α est facilement réduite à $\pm 0,02$ environ avec une demi-douzaine de mesures; il en résulte que les erreurs accidentelles sur ρ restent comprises entre 2 % et 10 % (limite acceptable en cette matière, surtout pour les faibles distances considérées) lorsque ρ est compris entre $0,7\,\varepsilon$ et $0,3\,\varepsilon$; elles dépassent 25 % si $\rho < 0,2\,\varepsilon$.

L'observation exige un éclat convenable des étoiles, c'est-à-dire voisin de $m_0 = 6$ à 7 pour $D = 179^{mm}$ ([4]), qui est toujours facile à réaliser (avec un coin absorbant) si $m < m_0$. Enfin, il faut évidemment que l'agitation atmosphérique permette, au moins par instants, de distinguer assez nettement le faux disque, c'est-à-dire que la turbulence t ([5]) reste inférieure à ε; cette condition est presque toujours réalisée en plaine par des ouvertures de moins d'une trentaine de centimètres et, sous un ciel favorable, le serait encore assez souvent pour les réfracteurs existants ([6]).

([2]) L. Roy, *Ann. Obs. Toulouse*, **11**, 1934, p. 41-50.

([3]) Par exemple, M. L. Roy (*loc. cit.*, p. 54) a trouvé dans ses mesures de diamètres apparents des faux disques stellaires des erreurs systématiques voisines de 30 %; de telles erreurs avaient été déjà remarquées et étudiées par H. Pickering (*Harvard Annals*, **32**, 1900, p. 2) et par le Rev. T. E. ER. Phillips (*J. Brit. Astr. Ass.*, **29**, 1919, pp. 220-222).

([4]) M. Duruy, *Bull. Soc. Astr.*, **51**, 1937, pp. 381-384.

([5]) Définie et mesurée comme l'a indiquée M. Danjon; voir par exemple Danjon et Couder, *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935, Chap. V.

([6]) En haute Provence par exemple où, d'après M. Danjon, on observe souvent des turbulences de moins de 0",1 (*loc. cit.*, p. 94).

En résumé, dans le domaine défini par les conditions

$$m < 5 \log D - 4,5 \quad \text{(D en millimètres)} \quad \Delta m < 1,5, \quad t < \varepsilon, \quad 0,3\varepsilon < \rho < 0,7\varepsilon,$$

très voisin de celui qui convient à la méthode interférentielle, avec laquelle elle supporte la comparaison, la méthode actuelle permet de déterminer avec une simple lunette de $0^m,20$ seulement ($\varepsilon = 0''70$) des distances de $0''5$ à $0''2$ avec une précision de 2 % à 10 % (soit de $\pm 0''01$ à $\pm 0''02$). Il ne semble pas que les plus grands instruments existants puissent faire mieux avec le micromètre à fils.

Les valeurs correspondantes pour la lunette de Yerkes seraient

$$0''10 \pm 0''002 \quad \text{et} \quad 0''04 \pm 0''004.$$

Exemple. — *Application à* $\gamma 2$ And $= 0\Sigma 38$. — La méthode précédente, appliquée à cette étoile avec le réfracteur de $0^m,20$, diaphragmé ou non, de l'Observatoire Peridier, au Houga (Gers), a donné les résultats suivants :

D.	ε.	α.	$\varepsilon\sqrt{\alpha}$.	Mesures.
mm 80	$1'',78$	$0,016 \pm 0,007$ (e. m.)	$0'',22_5 \pm 0'',04_5$	(6)
140	$1,02$	$0,133 \pm 0.020$ »	$0,37 \pm 0,03$	(7)
200	$0,71$	$0,237 \pm 0,010$ »	$0,34_5 \pm 0,01$	(8)

Moyenne (1941, 69), $\rho = (0'',33 \pm 0'',01)(1+\eta)$ (7), avec $|\eta| < 0,1$. Le résidu $O - C = + 0'',05$ (1941, 69), par rapport à une orbite datant de 1937 (7), est tout à fait comparable à ceux que présentent par rapport à la même orbite les mesures récentes de M. P. Baize (8), soit $+ 0'',04$ (1939, 14) et $+ 0'',06$ (1940, 50).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres Raman et structure des complexes cétoniques de l'antipyrine et de la carvone.* Note de M. **Félix-Jean Taboury**, présentée par M. Aimé Cotton.

Certaines molécules à fonction cétonique fournissent, avec un grand nombre de substances et par simple addition, des complexes cristallisés. L'étude de ces complexes est délicate, car ils sont fortement dissociés en leurs constituants ou en de nouveaux groupements du moment même où ils passent à l'état liquide ou en solution. L'analyse thermique (1), (2) et l'analyse thermochimique (2) seules ont permis jusqu'ici l'étude de leurs complexes organiques. Les spectres Raman de ces poudres cristallines nous ont permis d'en préciser la structure et

(7) Wooley et Symms, *Mon. Not.*, 97, 1937, p. 444.
(8) P. Baize, *J. Obs.*, 24, 1941, p. 130.

(1) Paulin, *Thèse doct. Pharmacie*, Paris, 1925.
(2) Tschelinzeff et Kusnezow, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 256.

de localiser dans la fonction cétonique le point de liaison des molécules constituant le complexe, et de confirmer ainsi une hypothèse déjà émise par certains auteurs ([2]), ([3]).

Les complexes étudiés sont ceux de l'*antipyrine* et de la *carvone*. Leur préparation est particulièrement simple par dissolution des constituants et évaporation. Aux cristaux ainsi obtenus, nous avons appliqué la méthode des filtres complémentaires d'Ananthakrishnan ([3]), la seule qui puisse donner des résultats dans un cas de cette nature, car la préparation de gros échantillons transparents ne pouvait être envisagée. Nous avons utilisé successivement la raie 4046 Å du mercure avec le couple de filtres d'Ananthakrishnan [*entrée*, iode, tétrachlorure de carbone; *sortie*, nitrite de sodium), et la raie 4358 Å avec un couple de filtres que nous avons spécialement préparé (*entrée*, nitrite de sodium, éosine; *sortie*, paranitrophénol) ([4]).

Le choix de l'*antipyrine* repose, d'une part, sur le grand nombre de complexes bien connus que fournit cette substance avec des molécules minérales et organiques ([4]), ([5]) et, d'autre part, sur l'intensité de son spectre Raman. La structure de l'antipyrine est, par contre, relativement compliquée avec ses deux atomes d'azote auxquels on a quelquefois attribué l'origine de la formation des complexes ([4]).

Nous avons tout d'abord étudié le spectre de l'antipyrine d'une manière aussi détaillée que possible, puis celui de l'un de ses complexes obtenu avec l'hydrate de chloral, contenant 1^{mol} d'hydrate pour 1^{mol} d'antipyrine. (Un autre, contenant 2^{mol} d'hydrate pour 1^{mol} d'antipyrine, n'a pu être obtenu cristallisé dans de bonnes conditions.) La préparation s'effectue par simple évaporation d'une solution alcoolique des deux substances prises en proportions convenables; la cristallisation lente fournit des cristaux que l'on doit séparer du liquide visqueux qui les imprègne par une centrifugation sur une pile de papier filtre. On arrive de la sorte à les essorer complètement sans leur faire perdre leur transparence. Nous avons ainsi obtenu les spectres suivants :

Antipyrine, solide. — 306 (1), 589 (3), 611 (1), 621 (1), 640 (1), 704 (1), 730 (1), 740 (2), 793 (1), 854 (3), 923 (1), 991 (2), 1009 (5), 1029 (2), 1058 (3) 1085 (2), 1092 (0,5), 1106 (2), 1128 (0,5), 1143 (1), 1158 (0,5), 1176 (0,5), 1192 (1), 1235 (3), 1272 (2), 1296 (1), 1310 (4), 1328 (8), 1382 (3), 1404 (3), 1423 (2), 1452 (1), 1493 (1), 1532 (1), 1581 (1), 1593 (10), 1658 (10), 2915 (2), 2934 (4), 2971 (1), 3001 (3), 3023 (1), 3043 (0,5), 3078 (7), 3095 (4).

Antipyrine (1^{mol}), *hydrate de chloral* (1^{mol}), *solide.* — 415 (8), 454 (8), 487 (8), 708 (5), 1003 (8), 1189 (5), 1365 (5), 1549 (8), 1586 (8), 1608 (8), 1622 (3), 2921 (7), 2965 (3), 3015 (3), 3028 (1), 3064 (8), 3139 (1).

On remarquera dans ces spectres les raies situées dans la région 1500-

---

([3]) *Current Science*, 5, 1936, p. 131.

([4]) F.-J. TABOURY, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1394.

([5]) P. SOUCHAY, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1940, pp. 797 à 894.

1700 cm^{-1}. Les unes, de 1500 à 1600 cm^{-1} environ, sont atribuables à des doubles liaisons carbonées; les autres, de 1600 à 1700 cm^{-1}, le sont à la double liaison carbone-oxygène de la fonction cétonique : c'est le cas de la raie 1658 cm^{-1} de l'antipyrine. Or, dans le complexe, cette raie est profondément modifiée. Il semble donc que ce groupement fonctionnel soit altéré dans la combinaison, sans d'ailleurs que la double liaison soit détruite, puisque la raie est seulement déplacée et très réduite dans son intensité. Le mode de liaison des deux molécules dans le complexe semble donc mettre en jeu la fonction cétonique et non pas les atomes d'azote, hypothèse qui ne rendait d'ailleurs pas compte de tous les complexes connus dans chaque cas [1].

La *carvone* possède une structure plus simple; elle ne contient pas d'atome d'azote, et fournit cependant un dérivé d'addition cristallisé avec l'hydrogène sulfuré [6]. Nous en avons obtenu les spectres suivants :

Carvone. — 306 (2), 325 (2), 388 (2), 491 (2), 517 (1), 577 (1), 628 (2), 682 (2), 705 (1), 1024 (1), 1061 (3), 1110 (3), 1157 (2), 1324 (1), 1368 (5), 1408 (1), 1441 (6), 1645 (10), 1676 (10).

Carvone (1^{mol}), *hydrogène sulfuré* (1^{mol}), *solide.* — 1146 (1), 1398 (1), 1433 (2), 1647 (10), 1705 (8), 2862 (1), 2891 (1), 2927 (10), 2982 (8), 3093 (3).

La raie 1676 de la carvone est attribuable à la fonction cétone, alors que la raie 1645 correspond aux doubles liaisons de la molécule. Cette raie cétonique est fortement modifiée dans le complexe, comme plus haut dans le cas de l'antipyrine; tandis que la fréquence des doubles liaisons carbonées reste inaltérée. Ainsi ce cas plus simple montre que non seulement des atomes d'azote ne sont pas nécessaires à la formation des complexes, mais que les doubles liaisons carbonées n'interviennent pas davantage.

Avec la raie 4046 Å du mercure, la région intéressante des spectres est encombrée de raies parasites du mercure, ce qui explique pourquoi nous avons été obligé de mettre au point un couple de filtres pour la raie 4358 Å avec laquelle la région intéressante est totalement exempte de raies fortes du mercure.

Les différentes molécules associées à l'antipyrine et à la carvone ne fournissent pas de raies dans la région spécialement étudiée.

En conclusion, la fonction cétone semble entrer en jeu dans la formation des complexes d'addition que donnent la carvone et l'antipyrine. La double liaison carbone-oxygène paraissant subsister, on doit faire appel à l'apparition de nouvelles valences à l'oxygène [2].

Des cas analogues sont connus. Les uns, non encore étudiés spectrographiquement, sont d'une part ceux que donne l'acétone ordinaire avec les hydracides halogénés et qui ne sont stables qu'aux très basses températures [7], et

---

[6] Varrentrapp, *Handwort. d. Chem.*, de Liebig, Poggendorff et Wöhler, 4, p. 686.

[7] Archibald Mc Intosh, *J. Chem. Soc.*, 85, 1904, pp. 919 à 930.

d'autre part les complexes que donnent de nombreuses cétones. Les autres sont les complexes molybdo-maliques, ils n'ont encore été étudiés qu'en solution ([8]). Chez ces derniers d'ailleurs, c'est le groupe carbone-oxygène d'une fonction acide organique qui semble entrer en jeu, la raie correspondante étant déjà altérée en solution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tensions de vapeur des gels de nitrocellulose à l'acétone.* Note de M. ÉDOUARD CALVET, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'étude, au microcalorimètre à compensation par effets Peltier et Joule de A. Tian, de la fixation d'acétone sur les nitrocelluloses m'a déjà conduit à envisager l'existence d'un complexe de solvatation dont la composition correspond à 6^{mol} d'acétone par chaînon C^6 de nitrocellulose ([1]). Il était intéressant de retrouver ce résultat par d'autres méthodes physicochimiques. Dans cette intention, j'ai repris les expériences de MM. Desmaroux, Mathieu et Mlle Th. Petitpas ([2]) et étudié les tensions de vapeur des gels de nitrocellulose à l'acétone plus particulièrement au voisinage de la composition 6/1, c'est-à-dire pour celle qui correspond à 6^{mol} d'acétone par chaînon C^6.

J'ai opéré à la température de 16°,3. Dans des tubes barométriques on avait mis en présence 100^{mg} de nitroramie et un poids connu d'acétone. Le niveau du mercure dans chaque baromètre était comparé, après deux mois d'absorption, avec celui d'un baromètre témoin et d'un baromètre contenant de la vapeur d'acétone saturée. On a ainsi H, tension de vapeur de l'acétone dans chaque tube contenant de la nitroramie; H_0, tension de l'acétone pure; l'activité de l'acétone dans les gels est ainsi H/H_0. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure ci-contre. La courbe *concentration-activité* montre un brusque changement de pente pour la concentration 0,85 (6^{mol} d'acétone par chaînon C^6). Cela signifie que, pour les concentrations inférieures en acétone, on aurait affaire à un complexe de solvatation dont la tension de vapeur est relativement faible. Pour les concentrations supérieures il y aurait excès d'acétone : la tension de vapeur augmente brusquement; on a affaire à un mélange d'acétone et de complexe nitrocellulose-acétonique.

La courbe *concentration-activité* tracée par MM. Desmaroux, Mathieu et Mlle Petitpas est relative à la température de 40°. J'ai tracé la même courbe d'absorption à 16°,3. La comparaison de ces deux courbes permet, grâce à la formule de Clapeyron, de calculer les résultats des mesures calorimétriques. Au début de l'absorption, on trouve ainsi 97 cal/g d'acétone absorbé. Pour

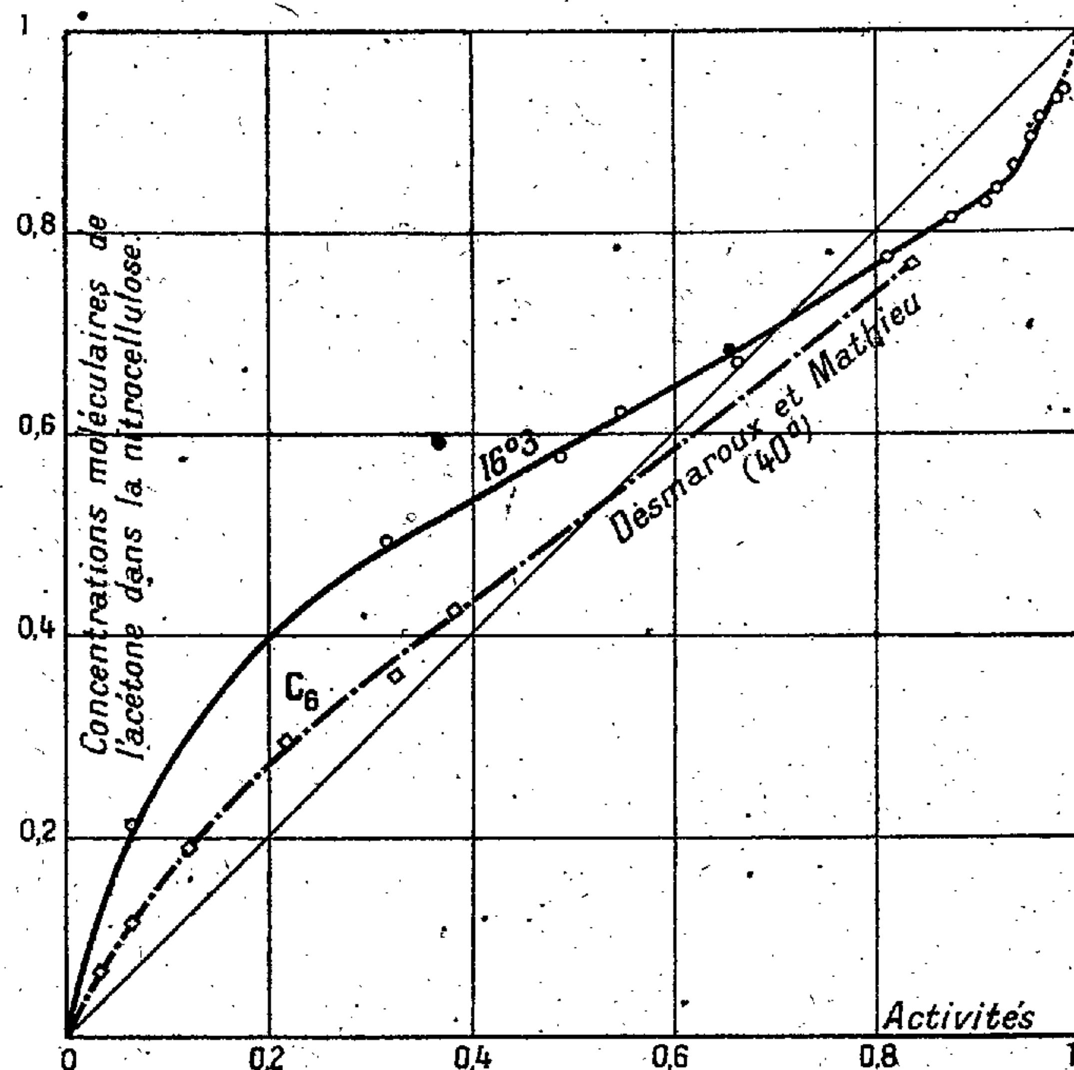
---

([8]) Mlle THÉODORESCO, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 169.

([1]) E. CALVET, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 126.

([2]) *J. Chim. Phys.*, 37, 1940, pp. 6-18.

une absorption de 0,4, on calcule 69,5 cal (mesuré 70,5 cal). Pour les concentrations supérieures à 0,5 la concordance n'est plus aussi bonne. Les valeurs trouvées pour Q, à partir de la formule de Clapeyron, diminuent rapidement et



sont plus faibles que celles qui sont mesurées. Il est cependant intéressant de constater que les courbes *concentration-activité*, tracées à 40° et à 16°,3, se rencontrent au voisinage de la concentration 0,85 (6^{mol} d'acétone par chaînon C^6). Pour ce point le calcul donnerait $Q = 0$, ce qui est bien le résultat expérimental trouvé. En effet la concentration 0,85 est très voisine du maximum de la chaleur totale dégagée, et pour ce maximum l'effet thermique dû à l'adsorption est nul.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Détermination de la densité des virus et des protéines par ultracentrifugation comparée au moyen de l'eau lourde.* Note (1) de MM. **Pierre Lépine**, **Jean C. Levaditi** et **Joseph Giuntini**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La connaissance de la densité des particules (protéines ou virus) est indispensable à l'application des formules tirées de la loi de Stokes, qui permettent d'en calculer la taille par ultracentrifugation.

Hors le cas exceptionnel des virus qui ont pu être purifiés (viroses végétales, papillome de Shope) et ultracentrifugés dans des conditions comparables à celles des protéines les mieux connues (hémocyanine, ovalbumine), les virus pathogènes et certaines protéines biologiques n'ont été jusqu'ici obtenus qu'à l'état de suspensions très hétérogènes : leur

(1) Séance du 20 avril 1942.

densité n'a pu être directement déterminée. La vitesse de sédimentation variant comme la différence de densité entre les particules considérées et le milieu dans lequel elles sont suspendues, on centrifuge ordinairement les produits étudiés dans des solutions (saccharose, glycérine, urée) dont on augmente la concentration jusqu'à ce qu'il n'y ait plus sédimentation. Cette méthode a le grave inconvénient de placer virus et protéines dans des conditions très anormales, où la concentration moléculaire et ionique élevée du milieu ambiant n'est pas sans réagir sur leur état d'hydratation ou leur structure. D'où les divergences dans les résultats obtenus par différents auteurs, et l'incertitude actuelle qui règne au sujet de la valeur de la densité de la plupart des virus.

La méthode que nous avons employée consiste à ultracentrifuger, comparativement et immédiatement après sa mise en suspension, la substance étudiée dans deux milieux physiologiques inactifs, de composition et de concentration moléculaire et ionique identiques, mais de densités différentes, l'un étant une solution physiologique de NaCl dans l'eau distillée (d 1,0052), l'autre une solution au même taux dans l'eau lourde (d 1,1119) ([2]).

La vitesse d'une particule sphérique de densité σ_p dans un milieu de densité σ_m dans un champ centrifuge $\omega^2 x$ est, d'après la loi de Stokes,

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2}{9\eta} \cdot r^2(\sigma_p - \sigma_m)\omega^2 x;$$

η, viscosité du milieu; x, distance de la particule à l'axe de rotation; r, rayon de la particule.

Si l'on intègre cette équation pour un déplacement de la particule de x_1 à x_2 pendant un temps t, on a

$$\frac{\log \frac{x_2}{x_1}}{\omega^2 t} = \frac{2r^2}{9\eta}(\sigma_p - \sigma_m),$$

d'où l'on tire

$$\sigma_p = \frac{9\eta}{2\omega^2} \times \frac{1}{r^2} \times \frac{1}{t}\log\frac{x_2}{x_1} + \sigma_m.$$

η, ω et r restant constants, on trouve $\sigma_p = \sigma_m$ quand $\frac{1}{t}\log\frac{x_2}{x_1} = 0$, c'est-à-dire qu'en portant σ_m en abscisse et $\frac{1}{t}\log\frac{x_2}{x_1}$ en ordonnée, on pourra déterminer, par extrapolation, la densité de la particule.

Dans nos essais, le déplacement des particules est apprécié par la mesure des variations de concentration [([3]) et ([4])]. Le même raisonnement serait applicable à une centrifugation avec observation directe.

Déterminée par cette méthode, la densité du virus vaccinal a été trouvée comprise entre 1,25 et 1,32 (moyenne 1,29).

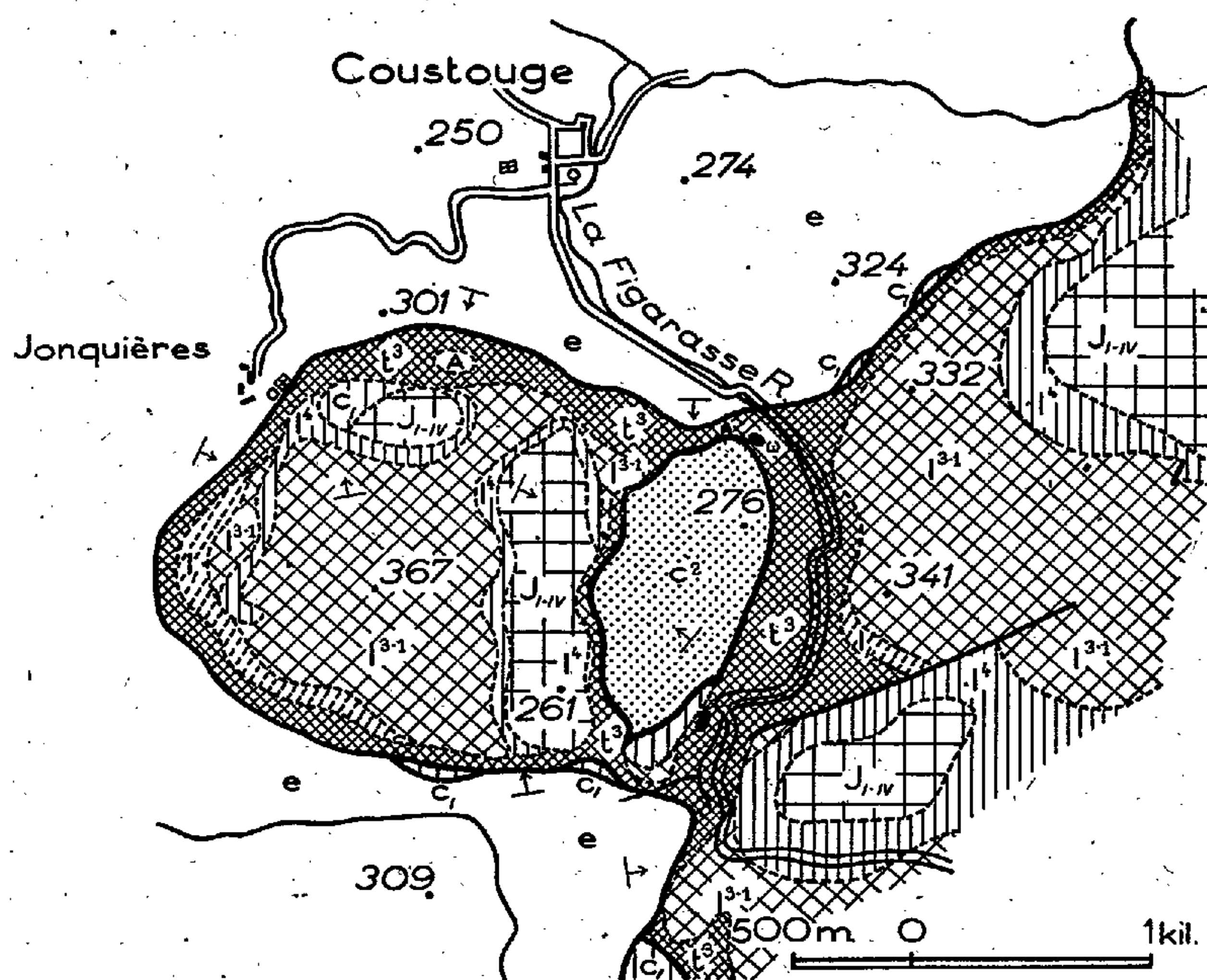
([2]) Nos expériences ont été rendues possibles grâce à une donation généreuse de 75^g d'eau lourde (à 99 % D^2O) faite en 1937 à notre laboratoire par M. Aubert, alors Directeur Général de la Société Norvégienne de l'Azote et des Forces Hydrauliques.

([3]) P. Lépine, *Ann. Inst. Pasteur*, **67**, 1941, p. 380; *J. Chim. Phys.*, **39**, 1942, p. 1.

([4]) P. Lépine, J. Levaditi et J. Giuntini, *Ann. Inst. Pasteur*, **67**, 1941, p. 477.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de l'extrémité Sud-Ouest de la nappe des Corbières Orientales.* Note de M. **Louis Barrabé**, présentée par M. Charles Jacob.

L'important chevauchement que j'ai décrit sous le nom de *Nappe des Corbières Orientales*, et qui amène le Trias et le Jurassique en superposition anormale sur le Crétacé ou le Tertiaire, depuis Ornaisons (Ouest de Narbonne) au Nord, jusqu'à Durban au Sud, comporte en son extrémité SW un lambeau avancé, presque isolé, qui atteint Jonquières. Des observations récentes m'ont conduit à modifier (voir la figure) le schéma que j'avais donné de ce lambeau de recouvrement en 1922 [1].



Carte géologique de l'extrémité SW de la nappe des Corbières Orientales.

t^3, marnes à gypse du Keuper: l', Rhétien; l^{3-1}, calcaires du Lias inférieur; l^4, marnes du Lias supérieur; J_{I-IV}, calcaires et dolomies du Jurassique moyen; c, calcaires urgo-aptiens; e, avant-pays éocène; A, éboulis; ω, ophite du Trias.

En premier lieu le lambeau de Jonquières comprend, outre du Lias inférieur et supérieur reposant sur un socle triasique, deux synclinaux de Jurassique moyen dolomitique et calcaire; l'un orienté sensiblement N-S, borde l'affleurement liasique à l'Est, l'autre, plus réduit et orienté W-E, s'étend sur son bord nord. Ce dernier synclinal comporte aussi des calcaires compacts crèmes vraisemblablement aptiens.

D'autre part j'avais admis dans mes Notes antérieures, conformément aux tracés de la feuille de Narbonne au 1/80000, que l'Éocène s'insinuait à l'ouest de la vallée de La Figarasse, au sud de Coustouges, entre la nappe principale

et le lambeau de Jonquières, qui ne semblaient plus réunis que par un isthme étroit de Keuper suivant le bord méridional de la nappe. En réalité une autre bande de marnes à gypse du Keuper relie sans discontinuité le bord nord du lambeau de Jonquières à la nappe (voir la figure).

Le Trias encadre ainsi, entre le lambeau de Jonquières et la nappe proprement dite, un affleurement elliptique long de 1100^{m} et large de 600^{m}, constitué surtout par des marnes gris jaunâtre, à l'Ouest, et, à l'Est, par des calcaires gréseux glauconieux formant une longue croupe couverte de broussailles (cote 276). Des grès glauconieux, que j'avais précédemment rapportés au Cénomanien, affleurent aussi localement à l'Ouest en une bande étroite surmontée par le Keuper du Plateau de Jonquières. Vers l'Est ces formations présentent un pendage très redressé, W ou WNW; vers l'Ouest, elles s'enfoncent sous le lambeau de Jonquières. Au Sud une lame de calcaires dolomitiques du Lias et de calcaires aptiens est accolée aux calcaires gréseux glauconieux de la cote 276.

L'âge de ce complexe marno-gréseux n'est vraisemblablement pas éocène, car il n'existe pas de formations glauconieuses dans l'Éocène de la région. D'autre part la découverte de quelques fossiles mal conservés, parmi lesquels *Exogyra* cf. *aquila* dans les calcaires gréseux glauconieux m'a conduit, à rapporter l'ensemble au Crétacé moyen. Toutefois l'Aptien, qui se rencontre plus à l'Est, tant dans la série autochtone que dans la série charriée, se présente avec des faciès bien différents (calcaires urgoniens, calcaires à silex, calcaires marneux et marnes). C'est seulement dans l'Albien de la Clape, des abords de Sigean et de la chaîne de Fontfroide que s'observent des grès et des calcaires gréseux glauconieux présentant des analogies avec ceux de la Figarasse. Ces derniers sont donc probablement albiens, malgré la présence d'une *Exogyra* généralement rapportée à l'Aptien.

L'interprétation tectonique de cet affleurement crétacé présente aussi quelque difficulté. Il est encadré de toutes parts par du Keuper surmonté à l'Est et à l'Ouest par du Jurassique, tandis qu'au Nord et au Sud l'Éocène de l'avant-pays s'enfonce sous l'ensemble.

Cet affleurement crétacé ne peut pas constituer un anticlinal du substratum puisqu'il est superposé à l'Éocène au Nord et au Sud. D'autre part ce Crétacé, très redressé, s'appuie à l'Est sur le Trias de la vallée de La Figarasse. On ne peut donc l'interpréter que comme un synclinal de Crétacé moyen transgressif sur la série jurassique et triasique plissée et érodée de la nappe, mais aucune discordance notable n'est connue dans la région entre le Jurassique et le Crétacé moyen, ou encore comme une « lame de charriage » emballée dans le Trias et à la base de la nappe. C'est cette hypothèse qui paraît la plus vraisemblable; d'autant plus que vers l'Ouest ce complexe crétacé plonge sous le Keuper de la base du lambeau de recouvrement de Jonquières.

Ainsi la nappe des Corbières Orientales aurait arraché à son substratum, au

cours de son avancée vers l'Ouest, une grosse lame d'Albien accompagnée d'une lame de calcaires aptiens et liasiques.

Cette interprétation est d'autant plus vraisemblable qu'au NE d'Albas, un peu plus au Sud, affleure un gros lambeau de calcaires urgo-aptiens, nettement superposé à l'Éocène du substratum et emballé dans le Keuper de la base de la nappe.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Notes sur l'essence absolue de lis* (Lilium candidum *L.*). Note de M[me] **Georges Igolen**, née **Saurin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Malgré la beauté classique de ses fleurs et leur odeur suave, on constate que le lis n'est pas exploité au point de vue de l'essence qu'il peut fournir.

Dès le XVIII[e] siècle pourtant, M. Dejean tirait de la fleur de lis une *quintessence* et une eau distillée *très propre à conserver la peau* (1). Plus tard, le lis a été traité par macération dans les corps gras, puis par extraction, au moyen de l'éther de pétrole. Mais d'une part les rendements étaient médiocres, d'autre part l'odeur de la concrète n'a qu'un très lointain rapport avec celle de la fleur. Les constituants, constatent J. R. Naves et G. Mazuyer (2), sont encore inconnus.

Disposant de deux essences absolues de lis d'origine différente, nous avons voulu essayer de combler cette lacune.

Les fleurs de lis (*Lilium candidum* L.), traitées à l'éther de pétrole, donnent, avec un rendement de 2,2 ‰ environ, une concrète brun verdâtre, laquelle fournit, avec un rendement de 35 %, une absolue sous la forme d'un liquide à aspect trouble, à consistance sirupeuse, de couleur brun verdâtre également et dont l'odeur puissante, verte, est peu agréable.

Ces deux absolues, I et II, présentaient les caractères suivants :

	I.	II.
d_{15}	0,9592	0,9423
n_D^{20}	1,4787	1,4861
I. A.	27,16	19,6
I. E. avant acétylation	122,04	115,03
» après »	220,24	–
Indice de carbonyle	18,9	22,4

La codistillation avec du diéthylèneglycol d'après Sabetay (3), sous un vide de 3[mm], nous a donné, avec des rendements de 8,2 % (essence I) et de 10,9 %

(1) *Traité raisonné de la distillation*, p. 101.
(2) *Les Parfums naturels*, p. 247.
(3) *Annales de Chimie analytique*, **21**, 1939, p. 173.

(essence II), des essences incolores, présentant les constantes suivantes :

	I.	II.
d_{15}	0,9013	0,915
α_D^{20}	+1°28′	+0°55′
n_D^{20}	1,4681	1,4764
I. A.	12,62	–
I. E.	96,80	–

L'essence incolore I a été étudiée en détail.

23g de cette essence ont été épuisés par 80g d'une solution aqueuse de soude à 3 %. Après lavage à l'éther de pétrole, cette lessive sodique a été carbonatée et nous a fourni, par épuisement à l'éther, 0g,2 d'un phénol qui, après séchage sur plaque poreuse, fondait à 36-37°. Par action du dinitro-2.4 chlorobenzène on a obtenu un éther fondant à 93°. C'est celui du *p-crésol* (essai de mélange).

L'essence ainsi privée de phénols (16g,5) a été saponifiée pendant 2 heures par 100$^{cm^3}$ de potasse alcoolique N/2. L'alcool ayant été chassé, la lessive de saponification a laissé apparaître, par refroidissement, un abondant précipité cristallin, qu'on a essoré et décomposé par l'acide sulfurique étendu. Après plusieurs cristallisations dans l'alcool bouillant, l'acide libéré a été obtenu sous formes de belles paillettes nacrées, fondant à 61°. C'est de l'acide *palmitique*, identifié sous la forme de son dérivé *p*-bromophénacylé fondant à 85° (Maquenne), ne donnant pas de dépression par fusion mélangée avec celui de l'acide palmitique pur.

Dans la lessive d'essorage, nous avons identifié deux autres acides, l'*acide acétique* dont le dérivé *p*-bromophénacylé fond à 85° (essai de mélange) et l'*acide cinnamique* fondant à 133° (mélange). On y a retrouvé, en outre, encore un peu d'acide palmitique.

L'essence, décantée après saponification, et ainsi débarrassée des acides, a été entraînée par la vapeur d'eau. Il est à noter que l'odeur du produit entraîné se rapproche beaucoup plus, à ce moment, de l'odeur de la fleur que l'absolue elle-même. Ce produit séché (6g,5), puis fractionné dans un ballon Vigreux, nous a fourni les fractions suivantes :

	$É_3$.	n_{20}^D.	Poids.
(1)	62-80°	1,4718	1g,5
(2)	80-90°	1,4907	2
(3)	au-dessus de 120°	1,4678	1,4

Sur 1g de la fraction (1), traité par le chlorure de diphénylurée en solution dans la pyridine pure et sèche, nous avons préparé le diphényluréthane. Par cristallisations fractionnées, nous avons isolé deux diphényluréthanes : l'un, fondant à 63-64°, c'est celui du *linalol*, identique à celui que fournit le bois de rose du Brésil (mélange), l'autre fondant à 112°, c'est celui de l'*α-terpinéol* (mélange).

La fraction (2), chauffée avec de la potasse caustique, donne du styrolène. Par action du chlorure d'allophanyle, au sein du benzène, elle donne un allophanate, qui, purifié par l'alcool bouillant, fond à 197°. C'est celui de l'*alcool phényléthylique primaire* (mélange).

En résumé, nous avons pu identifier, dans l'essence absolue de lis, du *p*-crésol, du linalol, de l'α-terpinéol, de l'alcool phényléthylique primaire, estérifiés par les acides acétique, palmitique et cinnamique.

Et il est remarquable de constater que les parfumeurs ont pu reproduire, il

y a longtemps déjà, l'odeur de la fleur de lis par des mélanges judicieux, où dominent très souvent les cinnamates de lynalyle et de terpényle. On voit, par ce qui précède, que ces composants se trouvent certainement dans la fleur.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Présence d'un thioiminazol dans le sérum sanguin.* Note de MM. **Camille Lefèvre** et **Maurice Rangier**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

L'étude de la répartition du soufre organique a été faite, d'une part, sur les protéines coagulées par l'acide trichloracétique et, d'autre part, sur le sérum déprotéiné obtenu par filtration. Les différentes formes de cet élément ont été séparées et dosées, dans les deux cas, par une méthode que nous avons utilisée pour l'urine, et basée sur la solubilité des composés plombiques sulfurés avant et après oxydation par l'eau de brome (1). Avant d'effectuer les séparations et les dosages, les deux fractions ont été soumises à une hydrolyse ménagée, par l'acide chlorhydrique, pour obtenir des chaînes peptidiques analogues à celles que l'on rencontre dans l'urine. Les résultats obtenus, en partant de 300^{l} de sérum de cheval, conduisent aux pourcentages suivants par rapport au soufre organique total :

Forme du soufre.	Protéines.	Sérum déprotéiné.
S cystéinique	48	44
» méthionique	37	35
» sulfonique	0	7
» non dosé	15	14
» organique total	100	100

Nous avons cherché à déterminer la nature du soufre non dosé et nous avons constaté que les chiffres obtenus, soit 15 et 14 % du soufre organique total, sont très voisins de ceux fournis par le dosage de l'acide sulfurique produit par l'action de l'eau de brome, à froid, sur les hydrolysats initiaux. Nos tentatives d'isolement n'ont donné aucun résultat satisfaisant.

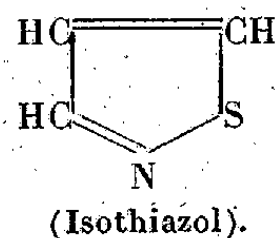
Or, dans une étude antérieure (2) relative à l'action des oxydants sur les corps organiques soufrés, nous avions constaté que l'eau de brome à froid donne des dérivés sulfoniques avec la cystine et la cystéine, des sulfones avec les substances dans lesquelles le soufre est uni à deux atomes de carbone (méthionine) et fournit quantitativemeut de l'acide sulfurique avec les thiocyanates (sulfocyanures) et la thiourée.

Nous avons cherché à caractériser les thiocyanates en opérant directement

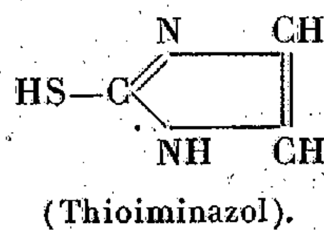
(1) C. Lefèvre et M. Rangier, *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 8e série, 27, 1938, pp. 154 et 204.

(2) C. Lefèvre et P. Desgrez, *ibid.*, 9e série, 1, 1940-1941, p. 341.

sur le sérum sanguin total, mais nos résultats ont été négatifs. Deux séries de substances pouvaient être envisagées comme entrant dans la constitution du non dosé, celles qui se rattachent à l'isothiazol et au thioiminazol dont les formules sont



(Isothiazol).



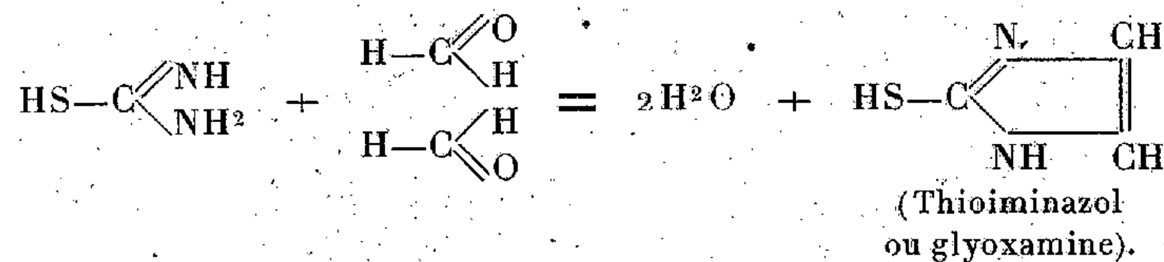
(Thioiminazol).

L'aminoisothiazol donne, en effet, de l'acide sulfurique par l'eau de brome, ainsi que le thioiminazol que nous avons préparé de la façon suivante :

On dissout la thiourée (une molécule) dans une solution à 40 % de formaldéhyde (deux molécules), et on laisse en contact à froid sous une cloche à vide sulfurique ; au bout d'un certain temps, on voit apparaître de petits cristaux solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans l'éther. La composition centésimale donnée par l'analyse élémentaire correspond à celle du thioiminazol aussi bien qu'à celle de l'aminoisothiazol, mais la détermination du poids moléculaire est impossible en raison de la facilité avec laquelle la substance se polymérise.

Par oxydation ménagée avec de l'acide azotique, on obtient un mélange d'acide sulfurique et d'acide oxalique. D'autre part, le soufre n'est pas inclus dans un cycle, car si l'on hydrolyse légèrement cette substance par l'acide chlorhydrique, après neutralisation par la soude et addition de chlorure mercurique, on obtient un précipité noir de sulfure de mercure. Le dosage du soufre du précipité obtenu s'effectue par sa transformation en acide sulfurique sous l'action de l'eau régale et du chlorate de sodium ; il correspond au soufre oxydable par l'eau de brome. L'aminoisothiazol ne donne aucun précipité dans les conditions de l'expérience.

On peut donc écrire la réaction



(Thioiminazol ou glyoxamine).

Si, après avoir neutralisé, par la soude, les hydrolysats des deux fractions, protéines et sérum déprotéiné, on ajoute du chlorure mercurique, le précipité de sulfure de mercure, après lavage à l'acide chlorhydrique, contient une proportion de soufre qui correspond à celle des dosages effectués avec l'eau de brome.

Nous sommes ainsi amenés à conclure que les peptides et les protéines du sérum sanguin renferment une ou des substances dérivées du thioiminazol dont le soufre représente environ 12 % du soufre organique total. Leur constitution chimique serait très voisine, sinon identique, à celle de la thiohistidine, découverte dans les globules sanguins par Newton, Benedict et Dakin ([3]).

([3]) *Journ. Biol. Chem.*, **17**, 1927, p. 267.

En rapprochant les expériences de Bruylants (¹), obtention de sulfocyanure en partant de la sérumalbumine, des résultats de nos expériences, on conçoit un mode de formation possible du sulfocyanure salivaire en partant du noyau thioïminazolique des protéines et des peptides du sérum sanguin. En effet, la thiourée, qui entre dans le cycle, est isomère du sulfocyanure d'ammonium.

A 15^h40^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h20^m.

L. B.

(¹) *Bull. Acad. Méd.*, 21, 1888, p. 147.

ERRATA.

(Séance du 16 mars 1942.)

Note de MM. *Aimé Cotton* et *Roger Servant*, Dispersion rotatoire magnétique de liquides diamagnétiques à l'intérieur d'une bande d'absorption (bande cétonique ultraviolette) :

Page 514, ligne 24, *au lieu de* la dérivée $d\alpha/dx$, *lire* la dérivée $d\alpha/d\lambda$; ligne 33, *au lieu de* représentait, *lire* présentait; dernière ligne, *au lieu de* questions magnétooptiques, *lire* questions de magnétooptique.

Page 515, ligne 3, *au lieu de* les auteurs, *lire* ces auteurs.

Page 516, ligne 3, *au lieu de* un degré, *lire* un demi degré; ligne 7, *au lieu de* les deux diamagnétiques, *lire* les deux liquides diamagnétiques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 MAI 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

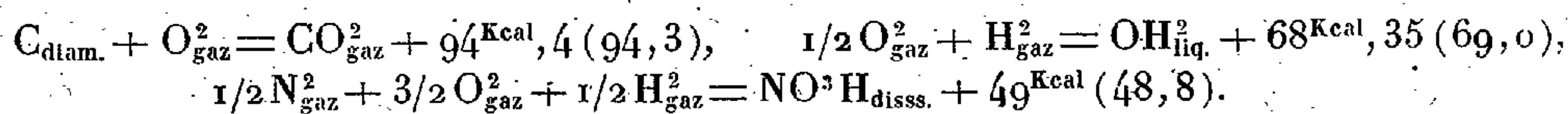
THERMOCHIMIE. — *Thermochimie de l'aldéhyde formique, de l'hexaméthylène-tétramine et de ses dérivés.* Note de MM. **Marcel Delépine** et **Marius Badoche.**

Malgré l'importance de l'aldéhyde formique, depuis l'époque (1896-1897) où Delépine [1] a publié ses recherches sur la thermochimie de cet aldéhyde, de l'hexaméthylène-tétramine et de ses dérivés, il ne semble pas que ces substances aient été l'objet d'un travail d'ensemble. Publiées en un temps où la précision n'était pas aussi accessible qu'aujourd'hui, ces déterminations pouvaient se trouver entachées d'erreur; aussi, possédant au Collège de France l'installation calorimétrique due à Moureu, Dufraisse et Landrieu, avons-nous jugé bon de reprendre, avec un appareillage irréprochable et une parfaite expérience de la bombe calorimétrique, les recherches faites il y a plus de 40 ans, pour leur donner le cachet de régularité et de précision dont elles pouvaient être dépourvues. On verra que les changements ne sont pas d'une ampleur considérable.

Les combustions ont donc été effectuées toutes au voisinage de 17°, en suivant exactement les prescriptions internationales, dans un calorimètre moderne, avec une bombe scrupuleusement étalonnée. Nos résultats expérimentaux (D. et B.) donnent dans des colonnes successives : en calories-grammes, soit cal, la chaleur de combustion de 1g de substance pesée dans l'air; la chaleur de combustion dite isothermique pour 1g de substance pesée dans le vide; la chaleur de combustion moléculaire à volume constant Q_v, exprimée en calories-kilog, soit Kcal, calculée en multipliant la chaleur de combustion isothermique par le poids moléculaire compté avec C 12, O 16, H 1,008, N 1,008; la chaleur de combustion moléculaire à pression constante Q_p,

(1) *Comptes rendus*, 123, 1896, pp. 650 et 888; 124, 1897, pp. 816, 1454 et 1525; *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, 15, 1898, p. 469.

en Kcal; enfin, la chaleur de formation Q_f. Celle-ci a été calculée avec les données suivantes, empruntées à la Commission internationale de Thermochimie (nous mettons entre parenthèses les valeurs utilisées antérieurement par Delépine) :



$$C_{diam.} + O^2_{gaz} = CO^2_{gaz} + 94^{Kcal},4\ (94,3), \quad 1/2\,O^2_{gaz} + H^2_{gaz} = OH^2_{liq.} + 68^{Kcal},35\ (69,0),$$
$$1/2\,N^2_{gaz} + 3/2\,O^2_{gaz} + 1/2\,H^2_{gaz} = NO^3H_{diss.} + 49^{Kcal}\ (48,8).$$

Nous donnons comparativement les résultats anciens (D.), tels qu'ils avaient été exprimés avec les valeurs ayant cours à l'époque. Les nouvelles chaleurs de combustion expérimentales par gramme sont les moyennes de 3 à 5 déterminations ne différant pas de plus de 2/1000 de leur moyenne arithmétique, souvent de bien moins. Nous les donnons telles quelles avec leurs décimales, mais Q_v, Q_p et Q_f ont été arrondis.

		Chal. exp. de comb. par g. (cal)	Chal. de comb. isoth. (cal)	Q_v (Kcal)	Q_p (Kcal)	Q_f (Kcal)
α-Trioxyméthylène	D.	–	–	–	–	–
pour $1/3\,(CH^2O)^3$	D. et B.	4029,4	4026,8	120,9	120,9	+41,85
Polyoxyméthylène	D.	4095,9	–	122,9	122,9	+40,4
pour $1/n\,(CH^2O)^n$	D. et B.	4010,6	4008,1	120,3	120,3	+42,45
Paraformaldéhyde	D.	3747,8	–	120,8	120,8	+42,5
$1/8\,[(CH^2O)^8, OH^2]$	D. et B.	3722,2	3720,4	120,05	120,05	+42,7
Hexaméthylène-	D.	7185,4	–	1005,85	1006,5	−26,7
tétramine $C^6H^{12}N^4$	D. et B.	7166,3	7158,9	1003,0	1003,6	−27,1
Dinitrate de H. T.	D.	3598,8	–	957,3	955,85	+92,9
$C^6H^{12}N^4, 2NO^3H$	D. et B.	3585,0	3582,8	953,6	952,2	+92,8
Dinitroso-pentaméthylène-	D.	4694,3	–	873,15	872,30	−55,8
tétramine $C^5H^{10}O^2N^6$	D. et B.	4655,8	4653,3	866,1	865,2	−51,45
Trinitroso-triméthylène	D.	3220,9	–	560,4	558,7	−68,8
triamine $C^3H^6O^3N^6$	D. et B.	3206,1	3204,5	557,9	556,2	−68,0
Trinitro-triméthylène-	D.	–	–	–	–	–
triamine $C^3H^6O^6N^6$	D. et B.	2282,3	2281,0	506,6	503,9	−15,7

Ces résultats appellent quelques commentaires. On voit que, sans exceptions, les chaleurs de combustion anciennes dépassent les nouvelles, ce qui tient évidemment à un ancien étalonnage imparfait; on avait dû attribuer à la bombe un équivalent calorifique trop élevé. Voici maintenant les considérations relatives à chaque cas.

α-Trioxyméthylène $(CH^2O)^3$. — C'est le véritable trimère de Pratesi, corps cristallisé très volatil; pour éviter des pertes avant la combustion, on a pris des précautions spéciales (cloche de verre recouvrant la pastille, exécution rapide etc.).

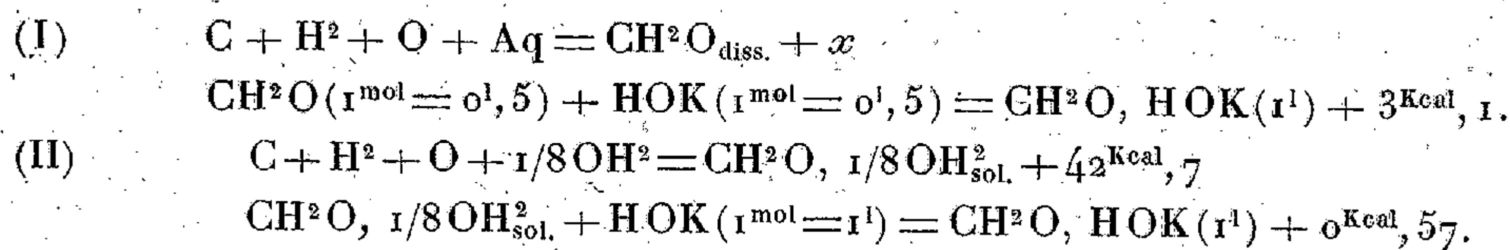
Polyoxyméthylène $(CH^2O)^n$. — Le polyoxyméthylène que nous avons employé résultait de la polymérisation spontanée de l'aldéhyde liquéfié préalablement dans l'air liquide, privé ensuite de l'α-trioxyméthylène par sublimation suivant la technique d'Auerbach et

Barschall (2). L'analyse avait indiqué % : C, 39,92; H, 6,87; C, 39,92; H, 6,93 au lieu de C, 39,97 et H, 6,71.

C'est pour ce corps que l'écart avec les anciennes données est le plus grand; si l'on se reporte au Mémoire de Delépine, on verra que son produit avait été préparé par action de l'acide sulfurique sur une solution d'aldéhyde formique concentrée (commerciale); on sait aujourd'hui, par les travaux de Staudinger (3), que le corps presque insoluble ainsi obtenu est en réalité un éther oxyde méthylique du type $CH^3O.(CH^2O)^x CH^2.O.CH^3$, soit $(CH^2O)^{x+2}(CH^4)$, qui doit fournir une chaleur de combustion beaucoup plus élevée. Avec x de 20 à 40, on peut estimer que l'excès serait de l'ordre des résultats observés.

Paraformaldéhyde. — Il s'agit ici d'un produit condensé de formule générale $HO.(CH^2O)^x.CH^2.OH$, soit $(CH^2O)^n OH^2$, dans lequel le nombre n moyen est de 8. On obtient une telle substance en évaporant dans le vide une solution aqueuse pure d'aldéhyde formique, et terminant par une longue déshydratation dans le vide au-dessus de l'acide sulfurique. Il s'est trouvé que notre produit avait la même composition $(CH^2O)^8.OH^2$ que celui qui fut brûlé par Delépine. L'analyse : C %, 37,20; 37,18; 37,20; H, 7,06; 7,03; 7,03, a donné des chiffres se confondant presque avec la valeur théorique : C, 37,18; H, 7,02.

Aldéhyde formique dissous. — Le paraformaldéhyde est important, car il est soluble, pour ainsi dire instantanément, dans les alcalis caustiques; en s'appuyant sur les déterminations thermiques établies autrefois, il est possible d'en déduire la chaleur de formation de l'aldéhyde formique dissous, grâce aux cycles



(I) $C + H^2 + O + Aq = CH^2O_{diss.} + x$

$CH^2O(1^{mol} = 0^l,5) + HOK(1^{mol} = 0^l,5) = CH^2O, HOK(1^l) + 3^{Kcal},1.$

(II) $C + H^2 + O + 1/8\,OH^2 = CH^2O,\ 1/8\,OH^2_{sol.} + 42^{Kcal},7$

$CH^2O,\ 1/8\,OH^2_{sol.} + HOK(1^{mol} = 1^l) = CH^2O, HOK(1^l) + 0^{Kcal},57.$

D'où $C + H^2O + Aq = CH^2O^{diss.} + 40^{Kcal},2$; avec d'autres dilutions, on aurait $40^{Kcal},3$ (voir le Mémoire).

Aldéhyde formique gazeux. — Delépine avait indiqué 15^{Kcal} pour la chaleur de dissolution dans l'eau. Walker (4) a trouvé un nombre fort voisin, $14^{Kcal},8$. En adoptant $14^{Kcal},9$, moyenne des deux valeurs, on aurait ainsi pour chaleur de formation de l'aldéhyde gazeux $25^{Kcal},3$. Les changements survenus dans les données fondamentales (pour CO^2 et OH^2) font que l'on retombe bien près de la valeur $25^{Kcal},4$, donnée autrefois. H. von Wartenberg et Lerner-Steinberg (5), ayant brûlé directement le gaz aldéhyde formique, ont abouti à une chaleur de formation de $28^{Kcal},65$.

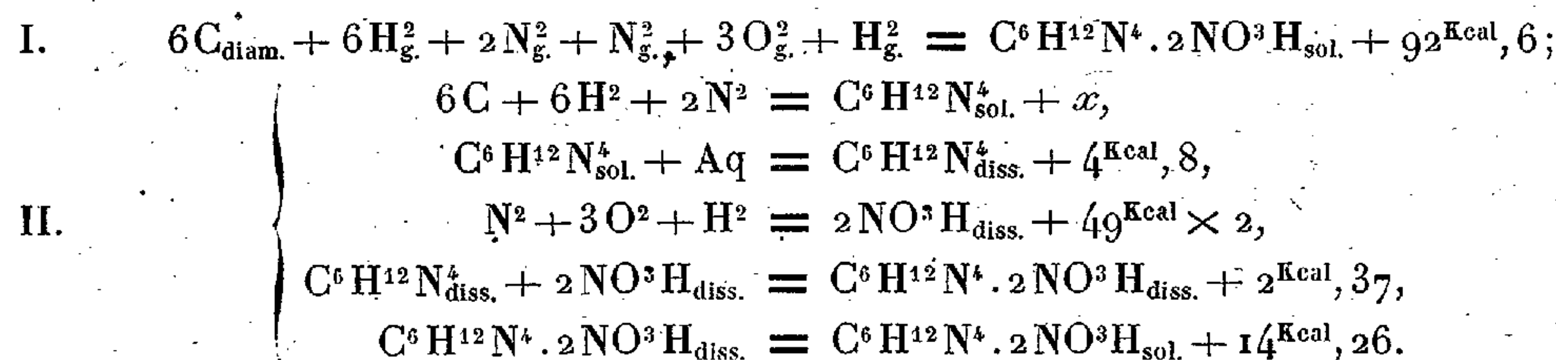
Hexaméthylène-tétramine $C^6H^{12}N^4$. — Ce corps brûle en charbonnant fréquemment (observation retrouvée dans le cahier de laboratoire de 1896). On a tenu compte des traces de charbon dans les évaluations.

Il fut comburé par Harvey et Backland (6) en 1921; ces auteurs aboutirent à une chaleur de formation de $-43^{Kcal},18$; mais si l'on observe, notamment, que c'est en prenant pour $C_{am.} + O^2_{g.} = CO^2_{g.}$ le chiffre $96^{Kcal},98$ au lieu de $94^{Kcal},4$, et pour l'acide nitrique de correction, $41^{Kcal},6$ au lieu de 49^{Kcal}, la chaleur de formation exprimée comme on le fait d'habitude deviendrait $-58^{Kcal},5$. Cette valeur nous paraît véritablement trop basse, bien

(2) *Arbeiten kaiserl. Gesundheitsamte*, **27**, 1907, p. 183.
(3) *Ann. der. Chem.*, **474**, 1929, p. 145.
(4) *J. Am. Chem. Soc.*, **55**, 1933, p. 2821.
(5) *Z. f. angew. Chem.*, **38**, 1925, p. 591.
(6) *J. ind. and engin. Chem.*, **13**, 1921, p. 139.

que dans un travail tout récent Baur et Rüetschi ([7]) semblent l'appuyer en disant que la chaleur de combustion de $C^6H^{12}N^4$ par Delépine doive être de 3 à 4 % trop basse. Nous ne pensons pas qu'il puisse y avoir un tel écart, en vertu des chiffres obtenus pour le dinitrate.

Dinitrate d'hexaméthylène-tétramine $C^6H^{12}N^4.2NO^3H$. — Delépine ayant déterminé la chaleur de dissolution ($-14^{Kcal},26$) du dinitrate, celle de l'hexaméthylène-tétramine ($+4^{Kcal},8$), la chaleur de saturation de la base par 2^{mol} d'acide nitrique ($+2^{Kcal},37$), si l'on y joint la chaleur de formation de l'acide nitrique ($+49^{Kcal}$), on peut dresser les cycles (I) et (II) :

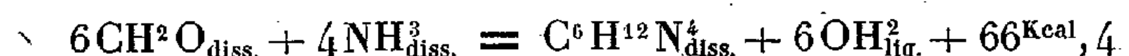


$$\text{I.}\quad 6C_{diam.} + 6H^2_{g.} + 2N^2_{g.} + N^2_{g.} + 3O^2_{g.} + H^2_{g.} = C^6H^{12}N^4.2NO^3H_{sol.} + 92^{Kcal},6;$$

$$\text{II.}\quad \left\{\begin{array}{rcl} 6C + 6H^2 + 2N^2 &=& C^6H^{12}N^4_{sol.} + x, \\ C^6H^{12}N^4_{sol.} + Aq &=& C^6H^{12}N^4_{diss.} + 4^{Kcal},8, \\ N^2 + 3O^2 + H^2 &=& 2NO^3H_{diss.} + 49^{Kcal} \times 2, \\ C^6H^{12}N^4_{diss.} + 2NO^3H_{diss.} &=& C^6H^{12}N^4.2NO^3H_{diss.} + 2^{Kcal},37, \\ C^6H^{12}N^4.2NO^3H_{diss.} &=& C^6H^{12}N^4.2NO^3H_{sol.} + 14^{Kcal},26. \end{array}\right.$$

On en déduit $x = -26^{Kcal}$, au lieu de $-27,1$ indiqué sur le tableau. Il est évident que cette coïncidence ne doit pas être prise à la lettre, mais elle rend invraisemblables des écarts qui ramèneraient la chaleur de formation de l'hexaméthylène-tétramine à $-58^{Kcal},5$, les erreurs dues aux dissolutions, neutralisations ci-dessus, ne devant guère dépasser $0^{Kcal},1$ à $0^{Kcal},2$.

Rappelons que ce fut de la mesure de la chaleur de combinaison de l'aldéhyde formique diss. avec l'ammoniaque diss. ($16^{Kcal},6$ par mol de NH^3) et celle de formation de l'hexaméthylène-tétramine, que M. Delépine avait tiré une chaleur de formation de l'aldéhyde formique diss. évaluée à $40^{Kcal},4$, en posant $1/2N^2_{g.} + 3/2N^2_{g.} = NH^3_{diss.} + 21^{Kcal}$. Aujourd'hui on admet pour l'ammoniaque, au lieu de 21^{Kcal}, $19^{Kcal},35$ [G. Becker et W. A. Roth ([8])], ou $19^{Kcal},9$ [C. A. Kraus et J. A. Ridderhof ([9])], mais en revanche celle de l'eau est devenue $68^{Kcal},35$ au lieu de 69^{Kcal}, de sorte que l'équation



$$6CH^2O_{diss.} + 4NH^3_{diss.} = C^6H^{12}N^4_{diss.} + 6OH^2_{liq.} + 66^{Kcal},4$$

conduit pour CH^2O diss. à une chaleur de formation de $40^{Kcal},5$, en supposant pour l'hexaméthylène-tétramine diss. $-27^{Kcal},1$ et pour l'ammomiaque $+19^{Kcal},6$. La chaleur de neutralisation de l'aldéhyde formique fut, certes, obtenue par des moyens quelque peu compliqués, mais on peut prendre le chemin inverse, s'appuyer sur la chaleur de formation de l'aldéhyde dissous d'après le cycle du paraformaldéhyde pour la retrouver; l'ensemble nous paraît alors vraisemblable.

Dérivés nitrosés et nitrés. — Nous n'avons rien à en dire, si ce n'est que divers auteurs récents ont donné 2285 ([10]), 2282^{cal} ([11]) pour chaleur de combustion du gramme de trinitro-triméthylène-triamine ou hexogène. Nous trouvons 2282; ce recoupement nous donne une certaine confiance dans nos actuelles déterminations.

([7]) *Helv. chim. Acta*, **24**, 1941, p. 754.
([8]) *Zeits. f. Elektrochem.*, **40**, 1934, p. 841.
([9]) *J. Am. Chem. Soc.*, **56**, 1934, p. 84.
([10]) A. SCHMIDT, *Zeits. f. Schiess- und Sprengst.*, **29**, 1934, p. 259.
([11]) BURLOT et THOMAS, *Mémorial des Poudres*, **29**, 1939, p. 262.

M. AUGUSTE CHEVALIER fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de †LOUIS LAVAUDEN, *Les Forêts coloniales de la France* (Mémoire couronné par l'Académie des Sciences coloniales), dont il a écrit une *Introduction* (vol. in-8, 276 p., 1942).

CORRESPONDANCE.

M. EMMANUEL DE MARTONNE prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *E. Fichot*.

TOPOLOGIE. — *Les complexes d'un espace topologique.* Note de M. JEAN LERAY, présentée par M. Henri Villat.

Le Cours de Topologie que je professe à l'Université de captivité de l'Oflag XVII A expose une théorie des équations, des transformations et des homéomorphies qui s'applique directement à tout espace topologique (jusqu'à présent, on développait une telle théorie dans les espaces euclidiens et dans les multiplicités, puis, par passages à la limite, on la transposait aux seuls espaces abstraits linéaires). La présente Note résume les notions qui sont à la base de mon Cours; je crois que celles d'intersection de complexes et de couverture sont originales, mais je ne peux m'en assurer.

1. Un *complexe abstrait* C (ou c) est constitué par un nombre fini de symboles, les simplexes $S^{p,\alpha}$ (ou $s_{p,\alpha}$), dont le premier indice est nommé dimension, et par une loi de dérivation

$$\dot{S}^{p,\alpha}=\sum_{\beta} a_\beta S^{p+1,\beta} \quad \left(\text{ou } \dot{s}_{p,\alpha}=\sum_{\beta} a_\beta s_{p-1,\beta}\right),$$

où a_β vaut ± 1 ou 0, telle que *toute dérivée seconde soit nulle*. On passe de la notation à indices supérieurs à la notation à indices inférieurs en changeant p en const. $-p$. La définition des chaînes, homologies, cycles, groupe d'homologie est la définition classique. Un complexe est dit *simple* quand tous ses groupes d'homologie sont nuls, sauf celui de dimension zéro, qui est cyclique. Un complexe est dit *supérieur* (et est toujours noté avec des indices supérieurs) lorsque S^p figure dans au moins $(p+1)$ $\dot{S}^{p-1,\alpha}$ et que chaque S^1 figure dans deux $\dot{S}^{0,\alpha}$, avec deux signes opposés; $\dot{C}^0=\sum_\alpha S^{0,\alpha}$ est donc un cycle, qui est nommé *cycle unité*. Un complexe est dit *inférieur* (et est toujours noté avec des indices inférieurs) lorsque chaque $\dot{s}_p$ contient au moins $(p+1)$ s_{p-1} et que $\dot{s}_1=s_{0,\alpha}-s_{0,\beta}$; tout complexe inférieur est isomorphe à un complexe polyédral.

Le *produit* des deux complexes, par exemple des complexes supérieur C et inférieur c, est le complexe $C \times c$ suivant : ses simplexes sont les symboles $S^{p,\alpha} \times s_{q,\beta}$; leur dimension est $q-p$; la loi de dérivation est

$$(1) \qquad (S^{p,\alpha} \times s_{q,\beta})^{\cdot} = \dot{S}^{p,\alpha} \times s_{q,\beta} + (-1)^p S^{p,\alpha} \times \dot{s}_{q,\beta}.$$

Les complexes C et c sont dits *duals* l'un de l'autre, lorsqu'on peut établir entre leurs simplexes une correspondance biunivoque ($S^{p,\lambda}$ correspondant à $s_{p,\lambda}$) telle que

$$(2) \qquad \Big(\sum_{p,\lambda} S^{p,\lambda} \times s_{p,\lambda}\Big)^{\cdot} = 0;$$

la donnée de l'un de ces deux complexes définit l'autre.

Un *sous-complexe fermé* d'un complexe est un ensemble de simplexes de ce complexe, ensemble contenant tout les simplexes figurant dans les dérivées de chacun de ses éléments et auquel on applique la loi même de dérivation du complexe. En annulant dans un complexe et dans sa loi de dérivation tous les simplexes d'un sous-simplexe fermé, on obtient le *sous-complexe ouvert* complémentaire. Toute homologie qui vaut dans un sous-complexe fermé (dans un complexe) vaut dans le complexe (dans tout sous-complexe ouvert). Tout sous-complexe ouvert (fermé) d'un complexe supérieur (inférieur) est un complexe supérieur (inférieur).

2. Un *complexe concret* est constitué par un complexe abstrait, un espace topologique E et une loi qui associe à chaque simplexe $S^{p,\alpha}$ (ou $s_{p,\alpha}$) un ensemble de points de E, son support, $|S^{p,\alpha}|$ (ou $|s_{p,\alpha}|$); le support d'une chaîne est la réunion des supports de ses simplexes; *le support de la dérivée d'un simplexe doit appartenir au support de ce simplexe; tout simplexe à support vide est annulé.*

L'intersection d'un complexe concret C *par un ensemble* E s'obtient en remplaçant chaque support par son intersection avec E; c'est un sous-complexe ouvert de C. Un complexe est dit simple sur un ensemble quand son intersection par cet ensemble est un complexe simple.

Envisageons deux complexes concrets d'un même espace E, par exemple C et c; leur *intersection* $C.c$ est le sous-complexe ouvert de $C \times c$ que constituent les simplexes $S^{p,\alpha}.s_{q,\beta}$, dont les supports sont $|S^{p,\alpha}|.|s_{q,\beta}|$.

Une *couverture* d'un espace topologique E est un complexe supérieur C possédant les propriétés suivantes : C est simple en chaque point de E; chaque simplexe de C a pour support un ensemble fermé de points de E. Le transformé d'une couverture par l'inverse d'une transformation continue, l'intersection d'une couverture par un ensemble, l'intersection de deux couvertures est une couverture. A tout recouvrement fermé fini est associé très simplement (grâce à la multiplication extérieure de Grassmann) une couverture. (L'intersection de deux couvertures correspondant à deux recouvrements a une structure plus simple que la couverture définie par l'intersection de ces deux recouvrements :

la notion de couverture est souvent plus maniable que celle de recouvrement.)

Dans l'intersection d'une couverture C de E par un complexe de E, *on identifie chaque élément* de ce complexe *avec son intersection par le cycle unité de* C.

Envisageons l'intersection d'un complexe continu c par une couverture C, lorsque $|c| \subset |C|$. On peut trouver des subdivisions de c telles que C soit simple sur chacun des simplexes de ces subdivisions; tout cycle de $C.c$ est alors homologue dans $C.c$ aux cycles d'une classe d'homologie de c; cette classe ne dépend pas du choix de la subdivision. Donc *tout complexe continu* c *a les mêmes groupes d'homologie que son intersection* $C.c$ *par une ouverture, si* $|c| \subset |C|$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation des fonctions hyperabéliennes d'Émile Picard.* Note [1] de M. **Henri Roure**.

Je me propose de montrer l'existence de fonctions à plusieurs séries de variables qui se reproduisent quand chaque série de variables est soumise à toutes les substitutions d'un groupe linéaire discontinu portant sur ces variables et qui laisse inaltérée une forme quadratique à indéterminées conjuguées. J'ai utilisé les travaux d'Émile Picard sur la réduction des formes, sur les fonctions hyperfuchsiennes et hyperabéliennes (*Acta Mathematica*, 1, pp. 297-320; 5, pp. 121-182; *Journal de Liouville*, 4ᵉ série, 5, pp. 87-128), et voici ce que j'ai obtenu : soient, par exemple, deux séries de variables complexes (x, y) et (z, t) et les substitutions

$$\left[x, y, X = \frac{Ax + By + C}{A''x + B''y + C''}, Y = \frac{A'x + B'y + C'}{A''x + B''y + C''}\right],$$
$$\left[z, t, Z = \frac{Dz + Et + F}{D''z + E''t + F''}, T + \frac{D'z + E't + F'}{D''z + E''t + F''}\right],$$

où les coefficients sont des nombres entiers réels, et les formes à indéterminées conjuguées

$$G = aUU_0 + bVV_0 + cWW_0, \qquad H = a'U'U'_0 + b'V'V'_0 + c'W'W'_0,$$

où a, b, c, a', b', c' sont des nombres réels. G correspond aux variables x, y et H aux variables z, t. Les substitutions forment respectivement deux groupes linéaires, et les relations obtenues en exprimant que G et H restent inaltérées montrent que, pour qu'il y ait une infinité de substitutions donnant ce résultat, il faut que les coefficients (a, b, c) et (a', b', c') soient de signes différents. Nous supposerons que a, b, a', b' sont positifs et que c et c' sont négatifs et égaux respectivement à $-h$ et à $-h'$. Dans ce cas, en utilisant les travaux

(1) Séance du 9 mars 1942.

d'Émile Picard, je montre que les groupes sont discontinus quand les points (x, y), (z, t) se trouvent respectivement à l'intérieur des domaines D et D′ définis par les inégalités

$$(\mathrm{D}') \qquad a\,(\mathrm{mod}\,x)^2 + b\,(\mathrm{mod}\,y)^2 - h < 0,$$
$$(\mathrm{D}) \qquad a'(\mathrm{mod}\,z)^2 + b'(\mathrm{mod}\,t)^2 - h' < 0.$$

Ceci fait, je montre que la série de terme général

$$\left[\mathrm{mod}\frac{\mathrm{D(X, Y)}}{\mathrm{D}(x, y)}\right]^{3m}\left[\mathrm{mod}\frac{\mathrm{D(Z, T)}}{\mathrm{D}(z, t)}\right]^{3m},$$

étendue à toutes les substitutions des deux groupes, est convergente quand m est supérieur à 3. J'y parviens en montrant que $\mathrm{mod}(\mathrm{A}''x + \mathrm{B}''y + \mathrm{C}'')$ et $\mathrm{mod}(\mathrm{D}''z + \mathrm{E}''t + \mathrm{F}'')$ restent respectivement compris entre deux nombres fixes dont le plus petit est supérieur à zéro.

Si maintenant je prends une fonction rationnelle à deux séries de variables (x, y), (z, t), qui reste uniforme et continue à l'intérieur de l'ensemble des domaines D et D′, sauf peut-être en certains points isolés, et si je forme la série de terme général

$$\mathrm{R}(x, y, z, t)\left[\mathrm{mod}\frac{\mathrm{D(X, Y)}}{\mathrm{D}(x, y)}\right]^{3m}\left[\mathrm{mod}\frac{\mathrm{D(Z, T)}}{\mathrm{D}(z, t)}\right]^{3m}$$

étendue à toutes les substitutions des deux groupes, cette série est uniformément convergente dans l'intérieur de l'ensemble des domaines D et D′, sauf peut-être pour certains points isolés. Elle représente donc une fonction uniforme et continue $\mathrm{P}(x, y, z, t)$ qui vérifie l'équation

$$\mathrm{P(X, Y, Z, T)} = (\mathrm{A}''x + \mathrm{B}''y + \mathrm{C}'')^{3m}(\mathrm{D}''z + \mathrm{E}''t + \mathrm{F}'')^{3m}(\mathrm{P}, x, y, z, t).$$

En prenant le quotient de deux fonctions P différentes, relatives aux mêmes groupes et au même nombre m, on obtiendra une fonction invariable pour toutes les substitutions des deux groupes, qui généralise les fonctions hyperabéliennes.

Les raisonnements faits s'appliquent à des fonctions d'un nombre quelconque de séries de variables, chaque série comportant un nombre quelconque de variables.

GÉOMÉTRIE DES ENSEMBLES PLANS. — *Isométrie des ensembles et cinématique.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Élie Cartan.

On montre en cinématique qu'un mouvement *plan sur plan* peut être identifié à un roulement sans glissement d'une courbe sur une autre courbe : ceci sous des conditions assez restrictives qu'on ne précise pas toujours. En particulier, il peut exister à chaque instant un centre instantané de rotation, qui varie

continûment avec le temps, mais dont le lieu dans les deux plans est une courbe de Peano.

Si l'on cherche à étendre la notion de roulement sans glissement, on est amené à généraliser la définition du mouvement *plan sur plan* et à introduire la notion d'*isométrie* de deux ensembles fermés paramétrés.

Définition d'un mouvement. — Un mouvement est paramétré par les points d'un ensemble fermé donné T d'un espace cartésien; on pourra considérer cet ensemble comme un espace abstrait (T).

A tout point M de (T), on fait correspondre dans chacun des deux plans P et Π, les demi-droites d, δ, qui varient continûment avec M. Pour tout point M, la position mutuelle de P et Π est déterminée par la mise en coïncidence de d et δ.

Isométrie. — Supposons qu'à tout point M de (T) on fasse correspondre de façon continue les points a de P et α de Π. Les deux ensembles images de (T) sont dits isométriques sous les trois conditions suivantes :

1° M étant un point quelconque de T, pour tout point M' assez voisin de M, on a

$$\alpha\alpha'(1-\varepsilon) < aa' < \alpha\alpha'(1+\varepsilon) \quad (\varepsilon \text{ étant donné arbitrairement}).$$

2° Si M' et M'' sont assez voisins de M, on a

$$-\varepsilon < \left(\widehat{\overrightarrow{aa'}, \overrightarrow{aa''}}\right) - \left(\widehat{\overrightarrow{\alpha\alpha'} - \overrightarrow{\alpha\alpha''}}\right) < \varepsilon.$$

Cette condition permet d'attacher, et d'une seule façon, un repère au point a et un repère homologue au point a'.

3° Pour tout point M' assez voisin de M; puis M' étant choisi, pour tout point M'' assez voisin de M', on a

$$-\varepsilon < \left(\widehat{\overrightarrow{aa'}, \overrightarrow{aa''}}\right) - \left(\widehat{\overrightarrow{\alpha'\alpha}, \overrightarrow{\alpha'\alpha''}}\right) < \varepsilon.$$

Cette condition assure la continuité des repères définis par 2°.

Ces conditions ont été choisies en vue de l'étude cinématique, mais on peut, pour une définition générale de l'isométrie, choisir des conditions plus ou moins larges, par exemple la seule condition 1°.

Nos trois conditions sont indépendantes. Par exemple, la condition 1°, même renforcée par une condition d'uniformité, n'entraîne pas 2°.

Soit en effet un arc simple rectifiable C, tel que pour tout couple $M_1 M_2$, $\frac{\widehat{M_1 M}}{M_1 M}$ tende uniformément vers 1 quand $M_1 M_2$ tend vers zéro. Cette condition n'entraîne nullement l'existence d'une tangente en tout point. *Nous avons construit un tel arc C, ayant à une extrémité un point spirale, à l'autre extrémité un contingent formé par un angle aigu, et sur lequel les points de non-existence pour la tangente sont partout denses.*

Supposons maintenant pour simplifier que le paramétrage par T établisse

entre ses images planes une homéomorphie. Une définition de l'isométrie étant adoptée, on peut se proposer de rechercher les ensembles isométriques d'un ensemble donné F. On dira que F est *rigide* s'il est superposable à tous ses ensembles isométriques : par exemple, un domaine fermé est rigide. *Nous avons construit des continus jordaniens sans points intérieurs qui sont rigides, même sous la seule condition* 1° *d'isométrie.*

Toujours sous la seule condition 1°, on montre que deux arcs isométriques ont même longueur au sens classique. L'isométrie plus ou moins large pourrait donc servir de base à une définition de l'égalité des mesures de deux ensembles fermés, lorsque ceux-ci ont une mesure lebesguienne nulle, ou même lorsque ceux-ci ne sont pas mesurables.

ASTRONOMIE. — *Sur l'origine du système solaire.*
Note de M. **Alexandre Dauvillier**, transmise par M. Ernest Esclangon.

L'hypothèse cosmogonique que nous proposons est basée sur les idées directrices suivantes :

1° Le problème de la genèse des planètes relève, non seulement de la mécanique céleste, mais aussi de l'électromagnétisme, car il met en jeu les propriétés électriques de la matière solaire.

2° Les problèmes apparemment distincts de l'origine de la Lune, des astéroïdes et des planètes, sont inséparables et exigent une solution commune, qui est recherchée dans la production de *paires* de planètes jumelles.

I. Le système solaire est caractérisé par sa planéité, la circularité des orbites, la faible masse de planètes distribuées selon une loi exponentielle de distance au Soleil (en tenant compte de la planète défunte d'Olbers), et la grandeur du moment de révolution des planètes comparé au moment de rotation du Soleil. Ces considérations plaident en faveur de la théorie des marées qui, de Buffon à Jeans, n'a cessé de se perfectionner. Le passage d'un astre troublant (étoile brillante ou obscure) au voisinage du Soleil sera d'une durée très courte du point de vue cosmogonique. Il s'accompagnera d'une déformation temporaire de cet astre selon un ellipsoïde de Jacobi, oscillation dont le résidu est cause de la période décennale. L'impulsion de rotation communiquée à cet ellipsoïde sera l'origine de la rotation différentielle actuelle. Le passage provoquera, en outre, l'émission, dans le plan des orbites, de deux jets radiaux antipodiques de matière photosphérique tournant avec lui, l'énergie de rotation du système étant empruntée à la force vive des deux corps célestes.

Mais cette matière est un *plasma* doué de viscosité, formé d'ions positifs et d'électrons, comparable à la foudre, à l'arc et à la lumière positive des tubes à vide. P. Villard a montré que ses propriétés électromagnétiques étaient celles d'un *conducteur* métallique chargé positivement. Elle est instable et a tendance

à se dissocier par explosion thermique et même à exploser, comme Liman Spitzer (¹) l'a montré.

Nous devons donc rechercher un mécanisme assurant la stabilité temporaire des jets, tout en les fragmentant et les fixant dans le plan qu'ils balayent, selon la loi exponentielle, en transformant leur force vive en énergie de rotation.

Or la photosphère ne sera pas seule à subir l'effet de marée dû à l'astre troublant. La chromosphère, gaz ultra raréfié et dénué de viscosité, va subir une impulsion et une expansion qui feront décrire à ses ions positifs des trajectoires tournantes équatoriales dans le sens de la rotation. Celles-ci engendreront un champ magnétique extérieur au Soleil. La séparation magnétique des ions positifs et des électrons produira un champ électrique, faible mais étendu, accélérant ceux-ci. Ils décriront dans le plan équatorial magnétique des trajectoires spiralées de sens inverse. La charge spatiale positive ainsi créée assurera la stabilité des jets photosphériques et la concentration des spirales électroniques. En un mot, l'émission des deux jets photosphériques s'accompagnera de l'émission de deux *protubérances* enroulées dans le sens de la rotation et de deux *jets coronaux* complémentaires, issus des mêmes points, s'enroulant en sens inverse. La planéité du système sera assurée par le champ magnétique du Soleil qui, au total, demeurera électriquement neutre.

La loi de décroissance de ce champ avec la distance ne peut être prévue, puisqu'il est dû à des trajectoires réparties dans tout le plan du système solaire, mais, si les deux spirales électroniques symétriques sont des spirales logarithmiques, leurs points de rencontre avec les jets seront distribués selon une loi exponentielle. Au voisinage du Soleil seulement, la trajectoire sera nécessairement une spirale d'Archimède.

En chacun de ces points de rencontre, la matière photosphérique, subissant l'action du champ magnétique local dû au courant d'électrons, prendra un mouvement tourbillonnaire (analogue à la rotation magnétique de l'arc ou à celle des rayons de l'aurore polaire). Une partie de cette matière sera ainsi fixée en chacun de ces points et, conservant son mouvement tangentiel, produira une masse gazeuse en révolution, en forme d'ellipsoïde de Jacobi. Chacune des deux spirales logarithmiques fixera ainsi radialement, après une rotation de cinq spires, dix masses gazeuses qui donneront ultérieurement naissance aux dix planètes rangées de Mercure à Pluton. Le problème comportant deux variables indépendantes, le moment magnétique apparent et temporaire du Soleil et l'énergie des électrons solaires, demeure cependant indéterminé (²).

Les jets coronaux auxquels nous faisons appel pour fixer la matière photo-

(¹) *Astr. Journ.*, **90**, 1939, pp. 675-688.

(²) A. Dauvillier, *Arch. Sc. Phys. et Nat.*, 5ᵉ série, **24**, janv.-fév. 1942, pp. 5-24.

sphérique ont déjà été invoqués par H. Deslandres et K. Birkeland pour rendre compte du retard variable constaté entre le passage au méridien d'un centre troublant solaire et le début de la perturbation électromagnétique terrestre associée. Nous avons nous-même observé en 1933, au Scoresby-Sund, un effet attribuable à la rotation de π d'un tel jet.

II. Les planètes jumelles, décrivant des orbites peu dissymétriques et sécantes autour du Soleil, se rencontreront au bout d'un temps très court, les durées de révolution étant négligeables du point de vue cosmogonique. Les phénomènes accompagnant cette rencontre dépendront de leur masse, conditionnant leur état physique à cette époque.

1° Les grosses planètes, encore au stade pseudo-stellaire, verront leur réunion s'accompagner de marées reproduisant en petit les phénomènes ayant donné naissance aux planètes, lors du passage de l'astre troublant à proximité du Soleil. Il en résultera la formation de couples de satellites jumeaux, caractérisés par une loi exponentielle de distance à la planète. C'est ainsi que Jupiter possède 4 satellites : I, II, III, IV; Saturne, 5 : I, II, III, IV, V; Uranus, 4. Tous les autres sont des astéroïdes capturés. La rotation différentielle des grosses planètes a ainsi la même origine que celle du Soleil.

2° Les petites planètes, comme Vénus et la Terre, de masses mille fois moindres, déjà liquéfiées, ne pourront plus produire de satellites normaux. Mais la réunion de deux ellipsoïdes fluides aplatis, pourra, *sous une incidence favorable*, s'accompagner d'un accroissement de la vitesse de rotation engendrant le *piroïde* de H. Poincaré, se scindant et évoluant selon la théorie de G. H. Darwin. Il en résultera la formation du « satellite » exceptionnel qu'est la Lune. Ceux de Mars seront aussi, pour maintes raisons, des astéroïdes capturés.

3° Enfin la rencontre tardive, par suite de leur petitesse, des deux astres minuscules qui devaient constituer la planète d'Olbers, a trouvé ceux-ci complètement solidifiés et arrivés au terme de leur évolution chimique et minéralogique. Les forces de marée ont provoqué leur rupture et ils ont donné naissance à la presque totalité de la matière *solide* dispersée dans le système solaire (astéroïdes, météores, comètes, poussière cosmique), à l'exception des étoiles filantes excédant la vitesse parabolique.

La circularité remarquable des orbites des grosses planètes est une conséquence, comme M. H. Camichel nous l'a fait remarquer, de la *combinaison* des deux orbites primitivement elliptiques des planètes jumelles. La non-coplanéité absolue de celles-ci a provoqué une inclinaison croissante des axes de rotation résultants. L'excentricité et l'inclinaison de l'orbite de Pluton suggèrent que, dans ce cas extrême, les deux composantes ne se sont peut-être pas encore rencontrées et qu'une seconde planète demeure à découvrir. Enfin, les caractères des orbites des astéroïdes et des comètes résultent, naturellement, des

perturbations subies par le passage des petits fragments au voisinage des gros, dont les orbites sont encore presque sécantes dans le cas de Cérès et de Pallas.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Procédé de détermination des longueurs d'onde effectives des étoiles par mesures stéréoscopiques.* Note de M. **Jean Rösch**, présentée par M. Bernard Lyot.

Poursuivant l'étude des applications astronomiques des mesures stéréoscopiques (¹), j'ai mis au point un procédé de détermination des longueurs d'onde effectives qui s'est révélé commode et précis.

Qu'on place devant l'objectif une grille (Hertzsprung) (²) ou un prisme de petit angle ne couvrant que le centre (von Klüber) (³), les méthodes actuelles consistaient à photographier un spectre très peu étendu de l'étoile et à mesurer la distance du point le plus dense, ou du point moyen (il est difficile de préciser), au centre de l'image non déviée.

La méthode que j'emploie consiste, sous sa forme la plus simple, à placer, devant chacun des objectifs d'un appareil stéréoscopique ordinaire, un prisme de petit angle, les arêtes étant parallèles et tournées vers l'extérieur. Si la source est rouge, les points moyens des spectres droit et gauche sont plus écartés que si elle est blanche. L'examen du cliché au stéréoscope montre donc les étoiles en apparence d'autant plus éloignées qu'elles sont plus rouges. L'effet, lorsqu'on regarde ainsi une photographie d'un champ assez dense, est saisissant. Les avantages essentiels de la méthode sont :

1° *Sa précision.* — A défaut d'un appareil de mesure de haute précision non encore construit, j'ai pu réaliser sur banc d'optique un montage de fortune présentant les organes principaux d'un télémètre stéréoscopique, et mesurer ainsi des étoiles jusqu'à la magnitude photographique 8,9 sur un cliché pris avec une heure de pose au moyen d'un appareil ordinaire de format 6×13, de 85^{mm} de foyer et 15^{mm} d'ouverture utile. J'ai porté en abscisses, sur un graphique, les types spectraux donnés par le *Henry Draper Catalogue* et en ordonnées les rotations de la lame à faces parallèles qui sert à assurer la coïncidence stéréoscopique de l'étoile avec un repère. Chaque étoile est figurée par un rectangle dont la largeur occupe toute la sous-classe, et dont la hauteur est égale au double de l'erreur probable sur *un* pointé (déterminée d'après la dispersion de 10 pointés).

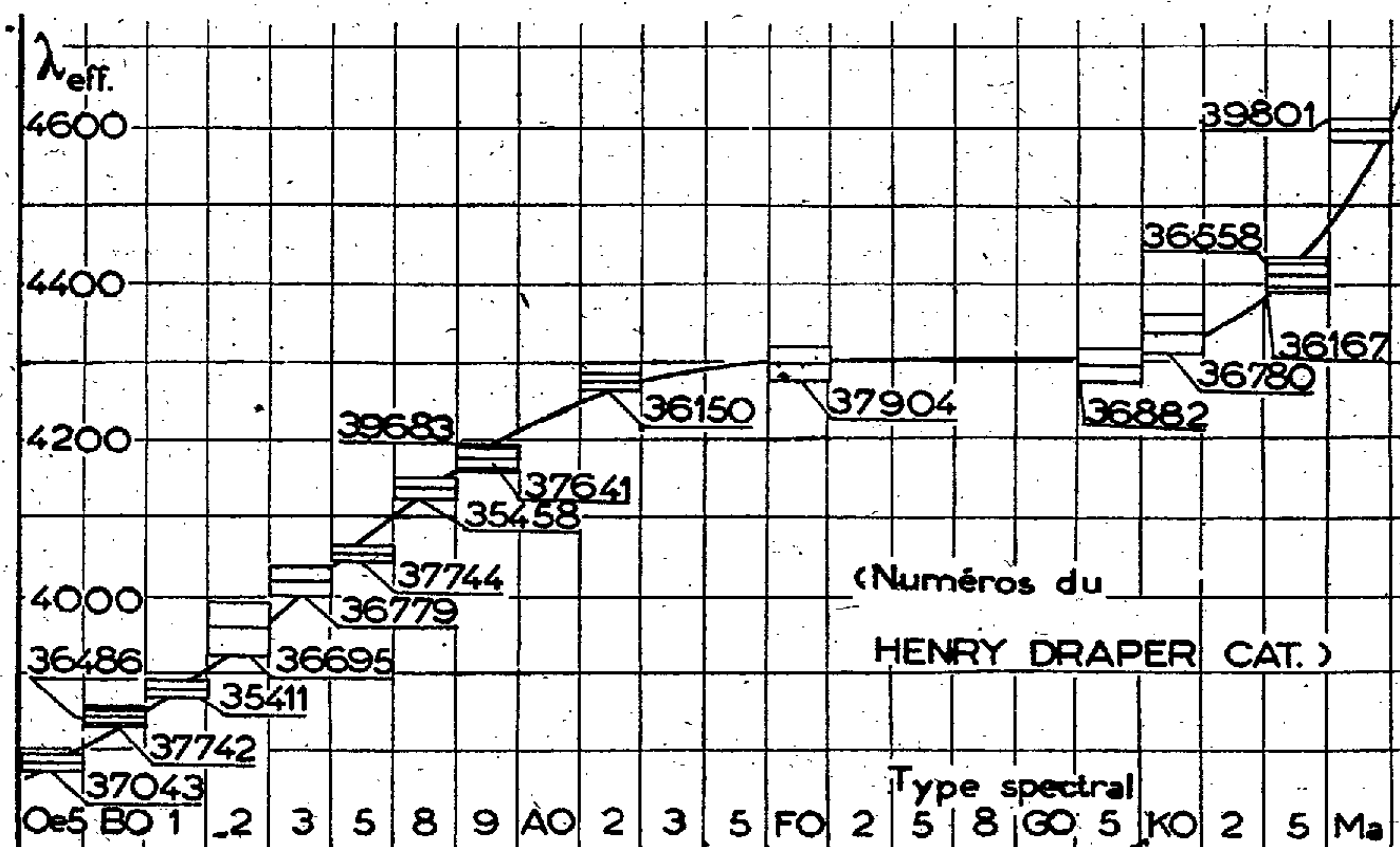
On constate non seulement qu'il est possible de tracer une courbe traversant

(¹) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 530.

(²) *Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam*, 22, n° 63, 1913.

(³) *Astronomische Abhandlungen*, 5, n° 1, 1925.

bien tous les rectangles, à peu près rectiligne de Oe 5 à A 2, présentant un palier de A5 à Go, puis s'élevant rapidement jusqu'à Ma, mais encore que cette courbe rencontre toujours l'ordonnée moyenne des 10 pointés *à l'intérieur du rectangle*. Autrement dit, abstraction faite du palier, *la mesure fournit sans ambiguïté le type spectral*. L'allure de la courbe est la même que celle obtenue



à Greenwich ([1]). Connaissant la dispersion des prismes employés et supposant le palier à 4300 Å, j'ai pu passer des déviations aux longueurs d'onde effectives. J'ai trouvé un étalement plus grand que celui qui résulte des mesures de Greenwich, surtout vers les courtes longueurs d'onde : 4600 Å contre 4560 Å pour Ma, mais 3800 Å contre 4100 Å pour Bo. C'est évidemment la sensibilité spectrale des plaques qui intervient. Il n'en reste pas moins que la relation entre le type spectral et le résultat de la mesure est très étroite. L'erreur probable sur une moyenne de 10 pointés est de l'ordre de 3 Å, bien que le dispositif de mesure soit très sommaire.

Cette précision confirme le fait qu'un pointé stéréoscopique sur un objet diffus perd beaucoup moins, en précision, qu'un pointé géométrique monoculaire, bissection par un fil, par exemple. On peut même remarquer que, dans le cas présent, on a à fusionner deux petites taches symétriques par rapport au plan médian, donc dissymétriques au point de vue stéréoscopique. L'expérience montre que la fusion n'en est guère gênée; mais on peut prévoir qu'il y aura, quant à la précision, un optimum de dispersion et de grossissement d'observation tel que l'étalement des pointés soit le plus grand possible, sans que cependant cette dissymétrie devienne prohibitive.

([1]) *Determination of effective wave-lengths of stars made at the Royal Observatory of Greenwich*, London, 1926.

2° *Sa portée.* — J'ai photographié l'amas globulaire NGC. 5272 (Messier 3) au foyer de l'instrument de la Carte du Ciel, en plaçant un prisme de flint de 10° à 4^{cm} en avant de la plaque, et exposant successivement chaque moitié de celle-ci, le prisme étant tourné de 180° entre les deux poses. En deux fois 50 minutes, j'ai obtenu des étoiles de 16e grandeur, dont il sera par conséquent possible d'avoir le type spectral, ce que leur faible éclat et aussi leur grand nombre sur un petit espace rend impossible par toute autre méthode.

On peut donc compter avoir ainsi les types spectraux d'étoiles extrêmement faibles. La méthode s'applique en effet à n'importe quel instrument avec une très grande facilité, puisqu'il suffit d'un prisme de même dimension que le champ à photographier. La construction de l'appareil de mesure ne présentera pas plus de difficultés que celle d'un télémètre stéréoscopique. On pourrait, par exemple, employer les instruments de la Carte du Ciel avec des prismes 12×12^{cm} pour couvrir des plaques 12×24^{cm}, et avoir dans le champ un certain nombre d'étoiles du *H. Draper Catalogue* qui serviraient de repères pour l'établissement d'un catalogue plus étendu, toutes précautions étant prises quant à la relation admise entre la longueur d'onde effective et le type spectral (émulsion, absorption atmosphérique etc.).

La précision du procédé permet d'envisager également la mesure des vitesses radiales des spirales. Admettons 4300 Å comme longueur d'onde effective vraie de ces objets; cette longueur d'onde sera déplacée par l'effet Döppler avec toute la courbe d'énergie; en supposant la sensibilité spectrale de la plaque constante dans cette région, on voit que l'erreur probable sur une moyenne de 10 pointés correspondra à ± 200 km/sec. C'est presque la précision du spectrographe Rayton du Mont-Wilson. Mais la 17e grandeur, avec le télescope de 100 pouces, serait atteinte en deux poses de quelques minutes, au lieu de 20 heures, et deux poses de 10 heures donneraient sans doute la 22e grandeur. Notons que, si l'hypothèse de l'Expansion de l'Univers est exacte, un cliché contenant un grand nombre de spirales doit montrer au stéréoscope, puisque l'éloignement apparent est, comme l'éloignement réel, proportionnel à la vitesse radiale, *la configuration spatiale de l'Univers telle qu'elle est en réalité.*

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'édification d'une géométrie ondulatoire.* Note (1) de M. **Jean Roubaud-Valette.**

1. *Géométrie ondulatoire.* — Une géométrie est un cadre dans lequel vient s'insérer une représentation des phénomènes. La structure même de ce cadre est imposée par la nécessité d'accorder la représentation avec la description spatio-temporelle des faits. La géométrie euclidienne correspond à la

(1) Séance du 27 avril 1942.

mécanique classique; celle de Riemann à la mécanique de la relativité. Les deux représentations ont même axiomatique et peuvent être amenées à coïncider localement. Pour décrire les phénomènes quantiques, il est nécessaire de retoucher les axiomes mêmes tout en gardant un cadre *en moyenne* euclidien.

Un état est un ensemble de grandeurs q_i et p_i qui évoluent en fonction d'un paramètre ε, liées par $P_i = (\partial L/\partial Q'_i)$, où L est l'invariant d'évolution tel que $\delta \int_0^\varepsilon L\, d\varepsilon = 0$ donne la description du phénomène. On définit le conjugué du paramètre par $H\, d\varepsilon = \Sigma P_i\, dQ_i - L\, d\varepsilon$. Pour M. Dirac, $\varepsilon \simeq c.t$ et $H \simeq E$. Pour M. Neumann, $\varepsilon \simeq$ temps propre s, $H \simeq m_0 c^2$ énergie propre. Nous avons utilisé dans nos travaux antérieurs $\varepsilon \simeq \sigma$ intervalle d'univers à cinq dimensions, $H \simeq \mu_0 c^2$, où $\mu_0 c = (k/2\pi R)$.

La géométrie correspondant à la mécanique ondulatoire s'établit en considérant l'espace temps comme formé par la fusion de deux sous-espaces. Au vecteur x, y, z, t, on fait correspondre les deux demi-vecteurs $\vec{a}$ et $\vec{a}^\star$ $(\vec{a} = l_0 d_0 + l_1 d_1 + l_2 d_3 + l_3 d_3)$. La structure de l'espace l est telle que

$$\frac{dl_J}{dx^i} = l_J \frac{d\varphi}{dx^i} \quad \text{d'où} \quad \frac{dl_J a_J}{dx^i} = l_J \frac{da^J}{dx^i} + l_J a_J \frac{d\varphi}{dx^i}.$$

Tout se passe comme si les l_J étaient constants et si $\vec{a}$ devenait $\varphi = \vec{a} e^\varphi$ [φ imaginaire $= (2\pi i/k).\lambda$]; de même $dl^\star_J/dx_i = -l^\star_J (d\varphi/dx^i)$. Pour établir la correspondance, on utilise les dyadiques α_K de la forme $\alpha_K = \Sigma' \varepsilon^K_{iJ} l_i l^\star_J$ ou $\varepsilon^K_{iJ} = 0$, ou ± 1 ou $\pm i$.

Chaque dyade $\varepsilon^K_{iJ} l_i l^\star_J$ a un sens opératoriel dans l'espace complexe e, $e^\star$ (réflexions diverses, passage de l'un des espaces dans l'autre par $\pm i$, ...). On écrit $l = \vec{a}^\star . \mathcal{J} . \vec{a}$ (scalaire); $\lambda_K = \vec{a}^\star . \alpha_K . \vec{a}$ (vecteur) $I_{JK} = \vec{a}^\star . \alpha_J \alpha_K . \vec{a}$ (tenseur antisymétrique du deuxième ordre) etc. Pour construire les tenseurs symétriques, il faut adjoindre aux dyadiques α_K de nouvelles dyadiques α'_K exprimant un nouveau mode de connexion interne des unités l_0, l_1, l_2, l_3.

Exemple. — Quaternions $1 \simeq \mathcal{J} = l_0 l_0 + l_1 l_1 + l_2 l_2 + l_3 l_3$,

$$\begin{aligned} I &\simeq (l_3 l_2 - l_2 l_3) + (l_0 l_1 - l_1 l_0), \\ J &\simeq (l_1 l_3 - l_3 l_1) + (l_0 l_2 - l_2 l_0), \\ K &\simeq (l_2 l_1 - l_1 l_2) + (l_0 l_3 - l_3 l_0), \end{aligned}$$

avec $IJ = K$, ...

On voit que la connexion met à part l'axe des l_0 et associe les rotations l_i, l_J aux rotations l_0, l_K.

Par inversion des premières rotations, on a

$$I_1 \cong (l_2 l_3 - l_3 l_2) \pm (l_0 l_1 - l_1 l_0), \ldots$$

tels que $I_1 J_1 = -K_1$. Le cadre dextrorsum est devenu sinistrorsum.

Prenons maintenant $I' = (l_3 l_2 - l_2 l_3) - (l_0 l_1 - l_1 l_0), \ldots$ (inversion de l'axe l_0), on a $I'J' = K', \ldots$, et $II' = I'I, \ldots$.

Les tenseurs symétriques s'obtiennent par $A_{12'} = \vec{a}^{\star}.IJ'.\vec{a}$ et $A_{1'2} = \vec{a}^{\star}.I'J.\vec{a}$. On passe de la première représentation à la deuxième par l'opérateur $\theta = (1/2)(II' + JJ' + KK' - 1)$ tel que $\theta^2 = 1$, car $\theta IJ' = I'J, \ldots$. On a l'expression en dyades de θ qui est $l_0 l_0 - l_1 l_1 - l_2 l_2 - l_3 l_3$ où $2 l_0 l_0 - \mathcal{J}$, c'est bien une inversion de l'axe l_0.

Revenons au cas général : L'évolution du phénomène en fonction du paramètre est obtenue en fabriquant l'opérateur d'évolution par

$$m_0^2 c^2 + p_x^2 + \ldots = \frac{w^2}{c^2} \quad \text{qui donne} \quad m_0 c.ds + px\,dx + \ldots = \frac{w}{c} dt,$$

en choisissant t comme paramètre, $m_0 c(ds/dt) + px(dx/dt) + \ldots = (W/c)$. On fait correspondre à $p_x^2 \simeq -(k/2\delta_i)(\partial/\partial x)$ et à (dx/dt) la dyadique structurale α_1, etc. On a l'opérateur de M. Dirac $(P_4 \mathcal{J} + P_c^{\star}\alpha_1 + \alpha_4 m_0 c)$ que l'on applique à $\vec{a}$ en prenant le produit scalaire $(P_4 \mathcal{J} + \ldots).\vec{a}$. On a

$$P_K \alpha_K. = -\frac{k}{2\pi_i}\frac{\partial}{\partial x_K}\sum_{IJ} \varepsilon_{IJ}^{K}.l_I l_J^{\star}.$$

et

$$P_K \alpha_K.\vec{a} = \sum_{IJr} \varepsilon_{IJ}^{K} l_I l_J^{\star}.l_r a_r = \delta_{Jr}\sum_i{}' l_i \sum_r \left(P_K a_r - \frac{k}{2\pi_i} a_r \frac{d\varphi}{dx_K}\right).$$

On groupe les coefficients de l_i correspondant à tous les termes de l'opérateur et l'on obtient les équations d'évolution (ou les équations de Dirac) en annulant ces coefficients, ce qui exprime que le gradient généralisé $(-P_4\alpha_4. - P_i\alpha_i\alpha_4).\vec{a}$ est égal à $m_0 c\mathcal{J}.\vec{a}$. L'opération est un recouvrement. Deux des composantes de $\vec{a}$ sont arbitraires, les deux autres s'en déduisent par les équations d'évolution.

Si l'on établit la structure des l_J par $\frac{\partial l_J}{\partial x^i} = l_J\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_i} - \frac{eA_i}{c}\right)$ ([1]), on a les équations d'évolution en présence de champs.

Si l'on décompose le sous-espace l à quatre dimensions en deux sous-espaces E, l à deux dimensions ([2]), l'un correspondant aux dimensions L, T, u, et l'autre aux directions.

On obtient la représentation par deux vecteurs, un dans chaque espace, une composante seule de chacun étant arbitraire. Les dyadiques peuvent se décomposer en produit Γ_1 I, Γ_1, Γ_2, Γ correspondant aux dyades $E_r\,E_s^{\star}$ et I, J, K aux dyades $lr\ l_s^{\star}$. L'opérateur $M_{JK} = x_K\partial_J - x_J\partial_K$ ne commute pas avec H,

([1]) JEAN ROUBAUD-VALETTE, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 771.
([2]) JEAN ROUBAUD-VALETTE, *Comptes rendus*, 205, p. 1136.

$M_{JK}H - HM_{JK} \neq O$, car M_{JK} produit un recouvrement dans l'espace E, mais une rotation de π dans l'espace *l*. On rétablit la commutation en ajoutant l'opérateur spin qui opère seulement dans *l* et transforme la rotation de π en rotation de 2π radians et rétablit ainsi le recouvrement.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés électriques de lames minces de nickel recuites, en fonction de leur épaisseur.* Note [1] de M. **Antoine Colombani**, transmise par M. Paul Langevin.

Les couches minces de nickel sont obtenues par pulvérisation cathodique dans l'hydrogène très pur, dans les mêmes conditions que celles signalées dans les Notes précédentes. Un grand nombre de couches de différentes épaisseurs ainsi préparées ont été recuites sous le vide à 410° pendant 5 mois. Durant cette période, nous avons retrouvé les phénomènes signalés [2]. De plus :

1° Au-dessous de $220^{m\mu}$, le recuit produit une augmentation de résistance (après retour à la température ambiante). Au-dessus de cette épaisseur le phénomène est inverse. Pour interpréter les variations de résistivité dues au recuit, on peut supposer qu'aux dépens du fond atomique continu se forment des granules sous l'influence de l'élévation de température. Un calcul et un schéma simples permettent de prévoir que, pour les faibles épaisseurs, il s'ensuit un accroissement de résistance. Au contraire, pour des épaisseurs supérieures à $220^{m\mu}$, les granules très nombreux venant au contact sous l'influence d'une élévation de température font nécessairement décroître la résistance.

2° La loi d'Ohm s'applique pour toutes les épaisseurs étudiées (au-dessus de $40^{m\mu}$).

3° A chaque valeur de l'épaisseur correspond un coefficient de température α déterminé. Entre 40 et $500^{m\mu}$ celui-ci est une fonction linéaire de l'épaisseur. Au-dessous de $220^{m\mu}$ la conductibilité des couches croît avec *t* (réversibilité à 2 % près). A $220^{m\mu}$ le coefficient de température est sensiblement nul. Au-dessus de $220^{m\mu}$ l'état métallique commence à se manifester. La conductibilité décroît avec la température, et jusqu'à $500^{m\mu}$ elle croît aussi avec l'épaisseur. Au-dessus de $500^{m\mu}$ le coefficient α devient constant et du même ordre de grandeur que celui du métal usuel (4.10^{-3}).

La résistivité est un peu plus élevée, ce qui paraît normal pour un dépôt sous forme de poudre à grains très fins. L'analyse aux rayons X donne pour les fortes épaisseurs la structure cubique à faces centrées avec la maille classique 3,52 A, du nickel usuel.

(1) Séance du 8 avril 1942.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 795.

Corrélativement les mesures d'absorption au microphotomètre indiquent que le pouvoir absorbant très faible (0,21) et sensiblement constant au-dessous de $90^{m\mu}$ (domaine des évolutions spontanées) croît brusquement à partir de $100^{m\mu}$, pour atteindre une valeur sensiblement constante (2,8) dès l'apparition de l'état métallique.

Il semble bien qu'il y ait, en ce qui concerne la conductibilité et probablement aussi la structure, trois zones principales :

1° Au-dessous de $220^{m\mu}$, les dépôts ne possèdent pas les propriétés du métal ($\alpha < 0$).

2° Entre $220^{m\mu}$ et $500^{m\mu}$, apparition de l'état métallique avec variation progressive de la résistivité et du coefficient de température.

3° Au-dessus de $500^{m\mu}$, apparition de l'état métallique définitif, indépendant de l'épaisseur et possédant les caractéristiques du nickel usuel.

Il est à signaler que cette valeur critique $220^{m\mu}$ est très voisine de celles ($220^{m\mu}$ et $200^{m\mu}$) données par Procopinu et Sorensen comme valeurs critiques du champ coercitif pour des dépôts de nickel sur verre (évap. thermique) ou sur laiton (galvanoplastie).

De plus cette valeur paraît tout à fait indépendante des ions du support. Que l'on étudie les propriétés électriques ou magnétiques, il semble bien que l'on se trouve devant un problème de structure.

RAYONS X. — *Monochromateur-focalisateur donnant un faisceau d'ouverture notable.* Note (¹) de M. **Jean Barraud**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous nous sommes proposé d'obtenir un faisceau monochromatique d'ouverture notable (plusieurs degrés), dont les rayons admettent une droite focale réelle, en utilisant la réflexion sélective sur une lame cristalline, courbée par application sur un cylindre d'axe parallèle à la droite focale, les plans réflecteurs étant eux-mêmes parallèles à cette droite.

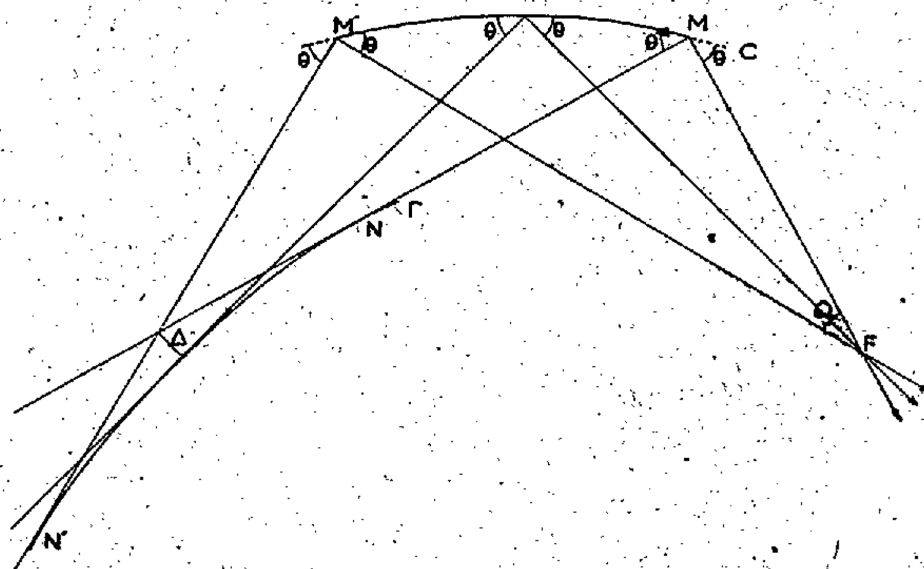
Si l'on admet que tous les rayons sont perpendiculaires à l'axe du cylindre, il suffira d'étudier leur marche dans un plan de section principale.

Soient (C) la courbe de section principale, φ l'angle de la trace des plans réflecteurs avec cette courbe, θ l'angle de Bragg; les rayons réfléchis font avec la courbe (C) l'angle $\alpha = \varphi + \theta$. En général, ces rayons admettent une caustique, mais si la courbe (C) est une *spirale logarithmique* (²) de constante $m = \cot g\alpha$, cette caustique se réduit à un point F, pôle de la spirale

(¹) Séance du 13 avril 1942.

(²) M. Maurice de Broglie a le premier envisagé la possibilité d'utiliser une spirale logarithmique comme directrice du cylindre réflecteur, à cette légère différence près qu'il s'agissait de former une image monochromatique large d'une source ponctuelle (*Comptes rendus*, 1914, p. 944; *Journal de Physique théorique et appliquée*, 4, 1914, p. 265).

logarithmique. On démontre facilement que les rayons incidents enveloppent un arc MN d'une spirale logarithmique (Γ) de même constante m et de même pôle F que la spirale (C). (La figure a été faite dans le cas où $\varphi = 0$: plans réflecteurs parallèles aux faces de la lame.) Pour une ouverture donnée Ω,



le faisceau incident admet une zone de largeur minima Δ (aberration). La source peut être placée arbitrairement, pourvu qu'elle coupe tous les rayons incidents, mais il est évident que sa largeur doit être au moins égale à Δ.

Pour le faisceau incident, comme pour le faisceau réfléchi, il faut tenir compte en toute rigueur de certaines aberrations secondaires dont les deux principales proviennent, l'une de ce que la réflexion se produit jusqu'à une certaine profondeur dans la lame cristalline, l'autre de ce qu'il existe toujours des rayons plus ou moins obliques sur les plans de section droite. Mais le calcul montre que ces aberrations, qui d'ailleurs sont pratiquement indépendantes de l'ouverture, restent toujours faibles.

Les caractéristiques du monochromateur-focalisateur réalisé sont les suivantes :

lame cristalline : quartz; la réflexion a lieu sur une face naturelle $p(10\bar{1}1)$ (²); longueur de la lame, 80^{mm};

$\lambda = 1{,}54$ Å; (Cu Kα); $\theta = 13°19'$; $m = 4{,}22$;

ouverture du faisceau, $\Omega \sim 7°$;

largeur minima de la source, $\Delta \sim 1^{\text{mm}},7$.

Lorsqu'on place une surface sensible aussi rigoureusement que possible au foyer F, on obtient distinctement les deux composantes du doublet $K\alpha_1 - K\alpha_2$ distantes l'une de l'autre de $0^{\text{mm}},12$ environ.

Rappelons que la plupart des monochromateurs réalisés jusqu'ici, employés également comme spectrographes, utilisent un cylindre de révolution. L'aberration du faisceau réfléchi, égale à l'aberration du faisceau incident, est alors donnée par la formule

$$\Delta = R \cos(\theta + \varphi) \times \left[\sec\frac{\Omega}{2} - 1\right] \sim R\cos(\theta + \varphi) \times \frac{\Omega^2}{8}.$$

(²) L'emploi d'une face naturelle semble donner une meilleure définition de la raie qu'une face doucie.

(R : rayon du cylindre). On voit qu'elle croît rapidement en fonction de l'ouverture.

Toutefois, deux dispositifs donnent un faisceau stigmatique :

1° celui de Mlle Y. Cauchois ([4]). Le stigmatisme du faisceau incident est rigoureux si $\theta + \varphi = 90°$; θ, et par conséquent la longueur d'onde λ, pour lesquels la focalisation est réalisée, ne peuvent être choisis d'avance puisque φ, imposé par la nature de la lame, ne prend que des valeurs discontinues. De plus, le foyer-objet étant virtuel, la source doit avoir une largeur au moins égale à la longueur utile de la lame;

2° celui de T. Johansson ([5]). Le stigmatisme du faisceau réfléchi et du faisceau incident est réalisé quelle que soit la longueur d'onde. La lame doit être taillée suivant un cylindre de rayon 2R avant application sur le cylindre de rayon R, ce qui exclut l'emploi d'une face naturelle.

L'une et l'autre constituent de remarquables spectrographes pour de petites ouvertures angulaires.

Utilisé comme monochromateur, le dispositif décrit ici présente les particularités suivantes :

1° la lame cristalline est initialement *plane* : d'où possibilité d'employer une face cristalline naturelle ou un cristal non susceptible d'être taillé;

2° le faisceau réfléchi est rigoureusement focalisé, quelle que soit l'ouverture, pour une valeur de λ *choisie arbitrairement*;

3° l'aberration étant nulle quelle que soit l'ouverture, celle-ci n'est plus limitée que par la longueur maxima et le rayon de courbure minimum compatibles avec la nature de la lame (un monochromateur d'ouverture voisine de 30° est en cours d'étude);

4° l'aberration du faisceau incident, qui conditionne la largeur minima de la source, reste assez faible pour permettre l'utilisation d'un foyer cathodique de dimensions admissibles.

Le faisceau obtenu a été utilisé à l'étude des déformations des réseaux cristallins (lame de mica soumise à une traction, lame piézoélectrique placée dans un champ électrique...) au moyen de diagrammes ne nécessitant, du fait de l'ouverture de faisceau, aucune rotation de la substance ni de la surface sensible.

RADIOACTIVITÉ. — *Dosage de l'actinium par l'actinium* K.

Note de Mlle **Marguerite Perey**, présentée par M. Aimé Cotton.

La détermination de la quantité d'actinium contenue dans un produit se fait par la mesure de l'intensité du rayonnement β émis par $AcB + AcC''$. Les

([4]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 362; *Thèse*, Paris, 1933.
([5]) *Zeitschrift für Physik*, 82, 1933, p. 507.

où a est le rayon terrestre, h et T sont l'altitude et la température absolue du point de la verticale situé à la limite de l'ombre de la Terre; γ désigne le gradient de température dT/dh, M ou M' la masse d'air occupant le volume moléculaire; R est la constante des gaz parfaits, $8{,}3.10^7$ et g l'accélération de la pesanteur.

On voit que les coudes observés sont dus à des discontinuités de la densité de l'air produites par une brusque variation soit du gradient thermique, soit de la composition de l'air.

Nous supposons que la variation du gradient thermique suffit pour expliquer la première discontinuité. En effet, un ensemble de faits tels que l'observation des météores, la propagation du son à grande distance, les déterminations de la *température de l'ozone atmosphérique* concordent pour montrer la vraisemblance d'un maximum de température vers 50 ou 60^{km}. La photométrie crépusculaire apporte une nouvelle preuve et quelques précisions : il s'agit d'un maximum aigu ressemblant à un point anguleux; mais la chute de gradient thermique est moins forte que celle admise par Martyn et Pulley ([3]). Nous trouvons une variation $\gamma - \gamma' = 16{,}5$ au lieu de 23,3 degrés par kilomètre. L'altitude est donnée par le tableau : $57^{km},5 \pm 7$. Martyn et Pulley indiquent un minimum aigu de température à 82^{km}. L'existence d'un point anguleux à cette altitude ne se manifeste pas dans les mesures crépusculaires.

Nous considérons que la deuxième discontinuité est liée à la rapide dissociation des molécules en atomes vers 95^{km}. On admet généralement que, vers cette altitude, l'oxygène se dissocie graduellement en atomes; mais l'un de nous a récemment exposé ([4]) les raisons théoriques qui conduisent à penser que l'azote lui-même est dissocié dans la haute atmosphère. Les raisons de cette dissociation et la probabilité d'une étroite frontière entre les régions atomique et moléculaire seront étudiées dans une autre publication : alors que les causes de dissociation sont vraisemblablement différentes pour les molécules d'azote et d'oxygène, il est surprenant *a priori* que les deux gaz se dissocient à la même altitude, mais on montrera que le degré de dissociation dépend beaucoup moins de l'intensité de l'action dissociante que de la fréquence des processus de recombinaison par chocs triples, et ces derniers décroissent extrêmement vite pour les deux gaz vers 100^{km}. Nous croyons précisément trouver dans la deuxième discontinuité du ciel crépusculaire une confirmation du fait que l'atmosphère passe brusquement, vers 95^{km}, de l'état moléculaire à l'état atomique. La variation de pente observée montre que ce passage est probablement accompagné d'une brusque élévation du gradient thermique, ce qui n'est pas surprenant puisque les atomes et les molécules ont des propriétés absorbantes différentes.

([3]) *Proceedings Royal Soc.*, A, 154, 1936, p. 455.
([4]) J. Gauzit, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 695.

produits d'origines et d'intensités différents ont montré que l'on a

$$\frac{\beta \mathrm{AcK}}{\beta \mathrm{Ac} + \text{dérivés à l'équilibre}} = 0,0041 \pm 0,0002.$$

Dans des conditions de mesures déterminées, le rapport entre l'intensité du rayonnement β de l'AcK et l'intensité de celui de l'actinium en équilibre avec ses dérivés étant constant, la mesure de l'AcK permettra un dosage rapide de l'actinium.

MÉTÉROLOGIE. — *Les discontinuités de la haute atmosphère mises en évidence par la photométrie crépusculaire.* Note [1] de MM. **Junior Gauzit** et **Raymond Grandmontagne**, transmise par M. Charles Fabry.

L'un de nous a montré récemment [2] que la brillance du ciel au zénith, mesurée en lumière rouge (longueurs d'onde comprises entre 5800 et 9000 Å), présente de brusques discontinuités dans sa décroissance au cours du crépuscule : la courbe qui donne les variations de la magnitude du ciel en fonction de la dépression solaire U est formée, lorsque U varie de 5° à 18°, de quatre portions de droites se coupant à angles vifs. L'existence de ces angles est établie avec certitude, car on a déterminé de 12 à 16 points dans chaque intervalle de un degré de dépression polaire. Le tableau suivant indique les pentes et les limites des droites, ainsi que l'altitude de la limite de l'ombre portée par la Terre sur la verticale du lieu d'observation. Nous donnons l'altitude du rayon passant au-dessus de la *vase atmosphérique*, supposée épaisse de 3^{km}; nous considérons que c'est l'altitude probable des discontinuités atmosphériques. Les limites sont un peu variables d'un jour à l'autre, nous l'avons également indiqué.

Limites des droites : dépressions solaires en degrés.	Altitude de la limite de l'ombre (rayon d'altitude minimum 3^{km}).	Pente des droites en magnitude par degré.	Pente des droites en logarithmes naturels par radian.
5°........................	–		
		1,5	−79,3
8°20′ ± 0°30′..........	$57,5 \pm 7^{km}$		
		0,83	−43,8
10°30′ ± 0°30′..........	94 ± 10^{km}		
		0,35	−18,8
13°30′ ± 0°30′..........	161 ± 12^{km}		
		négligeable	
18°........................	–		

Nous proposons ici une interprétation de ces discontinuités.

On peut calculer, pour un point de raccordement de deux droites observées, la variation de pente $p'-p$; la diffusion secondaire, supposée continue, n'intervient pas dans la différence. On obtient, en logarithmes naturels par radian,

$$p'-p = \frac{h+a}{\mathrm{T}}\left[\gamma - \gamma' + (\mathrm{M}-\mathrm{M}')\frac{g}{\mathrm{R}}\right] \operatorname{tang} \mathrm{U},$$

(1) Séance du 30 mars 1942.

(2) R. Grandmontagne, *Thèse*, Paris, 1941; *Annales de Physique*, 16, 1941, p. 253; *Cahiers de Physique*, n° 3, 1941, p. 39.

où a est le rayon terrestre, h et T sont l'altitude et la température absolue du point de la verticale situé à la limite de l'ombre de la Terre; γ désigne le gradient de température dT/dh, M ou M' la masse d'air occupant le volume moléculaire; R est la constante des gaz parfaits, $8,3.10^7$ et g l'accélération de la pesanteur.

On voit que les coudes observés sont dus à des discontinuités de la densité de l'air produites par une brusque variation soit du gradient thermique, soit de la composition de l'air.

Nous supposons que la variation du gradient thermique suffit pour expliquer la première discontinuité. En effet, un ensemble de faits tels que l'observation des météores, la propagation du son à grande distance, les déterminations de la *température de l'ozone atmosphérique* concordent pour montrer la vraisemblance d'un maximum de température vers 50 ou 60^{km}. La photométrie crépusculaire apporte une nouvelle preuve et quelques précisions : il s'agit d'un maximum aigu ressemblant à un point anguleux; mais la chute de gradient thermique est moins forte que celle admise par Martyn et Pulley ([3]). Nous trouvons une variation $\gamma - \gamma' = 16,5$ au lieu de 23,3 degrés par kilomètre. L'altitude est donnée par le tableau : $57^{km},5 \pm 7$. Martyn et Pulley indiquent un minimum aigu de température à 82^{km}. L'existence d'un point anguleux à cette altitude ne se manifeste pas dans les mesures crépusculaires.

Nous considérons que la deuxième discontinuité est liée à la rapide dissociation des molécules en atomes vers 95^{km}. On admet généralement que, vers cette altitude, l'oxygène se dissocie graduellement en atomes; mais l'un de nous a récemment exposé ([4]) les raisons théoriques qui conduisent à penser que l'azote lui-même est dissocié dans la haute atmosphère. Les raisons de cette dissociation et la probabilité d'une étroite frontière entre les régions atomique et moléculaire seront étudiées dans une autre publication : alors que les causes de dissociation sont vraisemblablement différentes pour les molécules d'azote et d'oxygène, il est surprenant *a priori* que les deux gaz se dissocient à la même altitude, mais on montrera que le degré de dissociation dépend beaucoup moins de l'intensité de l'action dissociante que de la fréquence des processus de recombinaison par chocs triples, et ces derniers décroissent extrêmement vite pour les deux gaz vers 100^{km}. Nous croyons précisément trouver dans la deuxième discontinuité du ciel crépusculaire une confirmation du fait que l'atmosphère passe brusquement, vers 95^{km}, de l'état moléculaire à l'état atomique. La variation de pente observée montre que ce passage est probablement accompagné d'une brusque élévation du gradient thermique, ce qui n'est pas surprenant puisque les atomes et les molécules ont des propriétés absorbantes différentes.

([3]) *Proceedings Royal Soc.*, A, 154, 1936, p. 455.
([4]) J. Gauzit, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 695.

Enfin la seule hypothèse qui paraisse vraisemblable pour expliquer la troisième discontinuité est celle d'un maximum aigu de température vers 160^{km}.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Comparaison des mesures de radioactivité de l'air et de radiation pénétrante d'origine terrestre au Pic du Midi, au Puy de Dôme et dans la région de l'île Disko, Groënland* N-W. Note de M. HUBERT GARRIGUE, présentée par M. Charles Maurain.

On sait que l'émanation du radium qui prend naissance dans l'intérieur du sol, peut, en certaines circonstances, se dégager par les fissures de la croûte terrestre ([1]).

En montagne, de façon générale, lorsque la couche de neige est suffisamment épaisse et par conséquent plus étanche que le sous-sol, lorsque les conditions dynamiques (surpression causée par le vent sur la face la moins enneigée de la montagne) et thermiques sont convenables (air libre plus froid que l'air souterrain), l'émanation du radium se collecte et s'accumule en certains points sous la couche de neige, ou se dégage abondamment dans l'atmosphère, sur les parties terminales de la montagne ([2]).

On conçoit que, lorsque le sous-sol, pour une raison quelconque, possède une grande étanchéité, ces deux phénomènes sont atténués ou même complètement effacés. C'est ce que j'ai observé dans les régions du Puy de Dôme et de l'île Disko, Groënland N-W. L'appareil que j'utilise pour ces recherches ([3]) me permet également de mesurer la radiation globale pénétrante, d'où je déduis la radiation radioactive d'origine terrestre.

Voici un tableau résumé des résultats obtenus jusqu'ici :

Lieu et époque.	R.	T_1.	T_2.
Pic du Midi.			
Environs du Pic 1934-1941 { Hiver	9	0,01 à 0,07.10^{-9}	1 à 100.10^{-13}
Environs du Pic 1934-1941 { Été	2	–	Inférieur à 10^{-13}
Puy de Dôme.			
Laboratoire	12	–	20.10^{-13}
Souterrain de la tour d'observation.	10 à 20	–	300 à 660.10^{-13}(*)
Environs (mars-avril 1942)	10	0,0004.10^{-9}	10^{-13}
Groënland N-W (70° latitude).			
Environs de Godhavn	Inférieur à 1	0,000005.10^{-9}	Non mesurable
Galeries de mines de houille de Krutlissat	2	–	24.10^{-13}
Lèvre W du glacier de Lyngmark (1938-1939)	Inférieur à 1	Non mesurable	Non mesurable

R, radiation pénétrante d'origine terrestre en ions/cm³ et par sec., à 760^{mm} et 15° C.
T_1, teneur de l'air sous la neige en curie par litre, à 760^{mm} et + 15° C.
T_2, » libre. » » » »
(*) avec maximum par fort vent d'W.

([1]) HUBERT GARRIGUE, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 764.
([2]) HUBERT GARRIGUE, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 414; *Thèse*, Paris, juin 1936.
([3]) *Journal de Physique*, S. VII, 1936, p. 1071.

La comparaison de ces différents résultats permet de dégager les conclusions suivantes :

Les plus fortes accumulations d'émanation du radium sous la couche de neige et les plus abondants dégagements se présentent dans les montagnes dont le sol est profondément fissuré (Pic du Midi).

Au Puy de Dôme au contraire, ce phénomène d'accumulation est négligeable. Également, la teneur en émanation de l'air libre y est très faible; ce n'est que dans un endroit très particulier que l'on peut en trouver une valeur assez élevée : la galerie souterraine de la tour d'observation, où l'air est tout à fait stagnant. Cependant la radiation radioactive d'origine terrestre y reste importante : le sous-sol est donc radioactif, très probablement de façon normale, mais la partie superficielle est très peu perméable : elle doit être fortement colmatée par les infiltrations boueuses.

Enfin, dans la région de Disko (Groënland N-W, 70° de latitude), la radioactivité de l'air libre et de l'air inclus sous la couche de neige est très faible et souvent non mesurable : c'est que le sous-sol gelé est entièrement étanche; on trouve dans les parois de sable aggloméré gelé et de houille des galeries souterraines de mines de Krutlissat, les fissures obturées par des filons de glace fossile.

Il semble seulement difficile d'admettre que l'extrême petitesse de la radiation radioactive d'origine terrestre, dans cette région, soit due à une teneur en radium anormalement faible des matériaux du sous-sol.

OCÉANOGRAPHIE. — *Variation de la température et de la salinité de l'eau de mer à Brest en fonction de la marée.* Note [1] de M. **Jules Rouch**.

Au mois d'août et au mois de septembre 1938, avec la collaboration de la Direction du Port de Brest, des échantillons d'eau de mer ont été recueillis toutes les deux heures entre la basse mer et la pleine mer, en trois points de la rade, à Landévennec, à Camaret, et au Grand Minou. M. Merlin, pilote-major de la Direction du Port, a procédé lui-même à la prise de ces échantillons sur les indications que je lui avais fournies. Leur analyse a été faite quelques jours plus tard au Laboratoire d'Océanographie physique de l'Institut Océanographique par M. Roche. Comme la quantité d'eau dont nous disposions était d'un litre environ, les mesures de chloruration d'après la méthode de Knudsen ont été répétées plusieurs fois pour chaque échantillon. Des mesures de la densité par le pycnomètre ont été faites pour toute la série à l'aide d'une balance de Rueprecht et Sohn, qui donne une précision relative d'un dix-millionième. Nous pouvons donc espérer avoir dans nos mesures la précision de 1/100 de la salinité.

---

(1) Séance du 16 février 1942.

Les résultats des mesures figurent dans le tableau suivant :

Heure de la marée....	B. M.	2 heures après B. M.	4 heures après B. M.	P. M.	2 heures après P. M.	4 heures après P. M.	Moyenne.
			Landévennec, 6 août 1938.				
Heure (d'été).........	8	10	12	13,38	15,30	17,30	–
Température de l'air....	18,2	20	21	23	22,5	22	–
» de la mer.	20	20	20	19,5	20	21	20,1
Salinité...............	31,51	32,22	32,31	32,29	32,84	31,50	32,28
			Grand-Minou, 8 août 1938.				
Heure (d'été).........	9,27	11,28	13,29	15,31	17,30	19,35	–
Température de l'air...	15	17,5	20	21	19	18,5	–
» de la mer.	17,2	17,2	17,7	17,8	17,6	17,2	17,4
Salinité...............	34,74	35,17	35,23	35,26	35,35	35,17	35.14
			Camaret, 8 septembre 1938.				
Heure (d'été).........	8,15	10,20	12,20	14,20	16,20	18,20.	–
Température de l'air...	14,5	16	19	20	18	17,5	–
» de la mer.	15,5	15,5	15,5	15,8	15,6	15,4	15,6
Salinité...............	35,34	35,34	35,35	35,38	35,39	35,40	35,37

Dans toutes les stations la salinité est minima au moment de la basse mer et maxima au moment de la pleine mer, ou entre la pleine mer et la basse mer.

L'amplitude de la variation de la salinité est très différente dans les trois stations. A Landévennec, où l'influence de la rivière de Châteaulin diminue très sensiblement la salinité (32,28 en moyenne pour 35,14 au Grand-Minou), la variation en fonction de la marée dépasse 2 unités de la salinité. La même variation est très faible à Camaret, où elle atteint à peine 6/100. Au Grand-Minou, elle est de 5/10.

A Landévennec, la variation de la salinité s'explique simplement par l'influence prépondérante des apports d'eaux douces au moment de la basse mer. Il est probable qu'il en est de même pour toutes les rivières qui se jettent dans la rade de Brest, et leur influence se fait sentir jusqu'à la sortie du goulet devant le Grand-Minou, où l'on observe au moment de la basse mer une baisse sensible de la salinité.

Cette baisse se manifeste beaucoup moins dans la baie de Camaret qui ne reçoit aucun cours d'eau, et qui est située en dehors de la circulation des eaux de la rade de Brest. D'ailleurs la salinité moyenne à Camaret (35,37) est supérieure à la salinité moyenne au Grand-Minou (35,11).

D'autre part la variation diurne de l'eau de mer, d'ailleurs très faible, suit à Camaret et au Grand-Minou la variation diurne de la température de l'air, qui est beaucoup plus forte.

A Landévennec au contraire, la variation diurne de la température de la mer présente à pleine mer un minimum par suite de l'afflux des eaux venant

du large, normalement plus froides au mois d'août que les eaux de Landévennec, bien que cette pleine mer ait coïncidé avec l'heure la plus chaude de la journée. Il en est résulté une variation diurne inversée de la température de l'eau de mer avec un minimum au début de l'après-midi, et il est probable qu'il en est de même tous les jours d'été, quand la pleine mer a lieu dans l'après-midi.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur la conservation de microfossiles calcaires, notamment de Coccolithophoridées, dans les silex sahéliens d'Oranie.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Riches en enseignements au regard des Diatomées qui les ont engendrés ([1]), les silex ménilites sahéliens d'El Medhi ne le sont pas moins en ce qui concerne toute une série de microfossiles calcaires qui s'y sont conservés. Parmi ceux-ci, les Coccolithophoridées présentent un intérêt tout particulier. *C'est en effet la première fois qu'il est donné de les observer*, in situ, *dans des lames minces de roches* ([2]). On sait que, jusqu'à présent, c'est seulement en désagrégeant des sédiments suffisamment meubles (craies, marnes, argiles), que l'on pouvait déceler et étudier les coccolithes (*sensu lato*) isolés ou groupés. Les coques entières (Coccosphères et Rhabdosphères *auct.*) n'avaient jamais été vues dans des roches cohérentes, et les rhabdosphères, elles-mêmes, n'étaient pratiquement connues, à l'état fossile, que par leurs éléments dissociés (rhabdolithes).

Localement, certains silex ménilites d'El Medhi sont d'une richesse extraordinaire, soit en coccolithes dispersés, soit en coccosphères intactes, ou partiellement disloquées. Les rhabdosphères, par contre, se sont montrées jusqu'ici relativement rares, ce qui ne les rend pas moins intéressantes.

D'une manière générale, on retrouve, dans les silex, les espèces que j'ai signalées antérieurement dans les marnes du même gisement ([3]), avec, cependant, des degrés de fréquence différents. L'étude systématique des Coccolithophoridées sahéliennes que j'ai entreprise, portera donc à la fois sur les marnes et sur les silex. Parmi les genres déjà reconnus, citons les plus importants : *Coccolithus*, *Pontosphæra*, *Scyphosphæra*, *Rhabdosphæra*, auxquels s'ajoutent d'intéressants *Discoaster*, ainsi que des formes entièrement nouvelles.

Sauf un cas particulier, la constitution originelle des coccolithes (calcite) n'a pas été modifiée, pour autant qu'il est possible d'en juger. L'exception concerne quelques coccosphères et coccolithes dont le calcaire a disparu et qui subsistent dans l'opale à l'état de *vides*, rendus très visibles par l'air qui les

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 319 et 443.

([2]) Les rares mentions antérieures ont été présentées comme des hypothèses. Il y a lieu, en outre, de mettre à part le cas très aberrant de *Nannoconus colomi* (de Lap.) Kampt. des calcaires tithoniques.

([3]) *Bull. Soc. Zool. de France*, 64, 1939, p. 200.

occupe. Le relief des coccolithes calcaires est d'ailleurs satisfaisant, meilleur, en fait, que dans les préparations de sédiments délités et montés en milieu résineux, par suite de la différence des indices de réfraction de la calcite et de l'opale (de l'ordre de 0,16).

Les Foraminifères (Globigérines surtout), beaucoup moins abondants dans les silex que dans les marnes, sont restés calcaires, bien que leurs loges soient habituellement remplies d'opale mamelonnée, avec, parfois, un peu de calcédonite. Quelques très rares spécimens sont silicifiés, au moins en partie, et l'on a là, à titre d'exception, ce qui est la règle générale dans les silex de la craie.

D'autres microfossiles calcaires, enfin, dont la position systématique est imprécise, mériteront une description ultérieure ([4]).

L'ensemble du microplancton à Protistes calcaires conservé dans les silex ménilites sahaliens d'El Medhi apparaît donc particulièrement digne d'intérêt, aussi bien du point de vue purement paléontologique que du point de vue de son mode de conservation dans un milieu jusque-là inhabituel.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture des tissus de Carotte et de Topinambour même à l'état de lames réduites à une assise de cellules.* Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que des fragments isolés de tissus de Carotte ou de Topinambour peuvent être cultivés dans des milieux nutritifs convenables et qu'il est possible d'entretenir indéfiniment leur développement, grâce à des repiquages réguliers.

Dans le but d'étudier les variations du pouvoir de prolifération des tissus en fonction de la dimension des fragments ensemencés, nous avons tenté de déterminer le poids minimum de tissu capable de manifester une croissance appréciable. Pour cela, nous nous sommes servi de la souche de tissu cambial de Carotte dont nous entretenons le développement depuis près de 5 ans. Nous avons choisi des cultures particulièrement vigoureuses que nous avons divisées en petits prismes dont le poids était compris entre $0^{mg},2$ et 100^{mg}. Ceux-ci, après avoir été pesés aseptiquement, furent transportés dans un milieu nutritif dont nous avons déjà indiqué la composition ([1]).

Tous les fragments pesant initialement plus de 300^{mg} se sont accrus rapidement. Un grand nombre de fragments pesant moins de 30^{mg} sont morts en quelques jours, mais quelques-unes de ces petites masses de cellules ont proliféré activement.

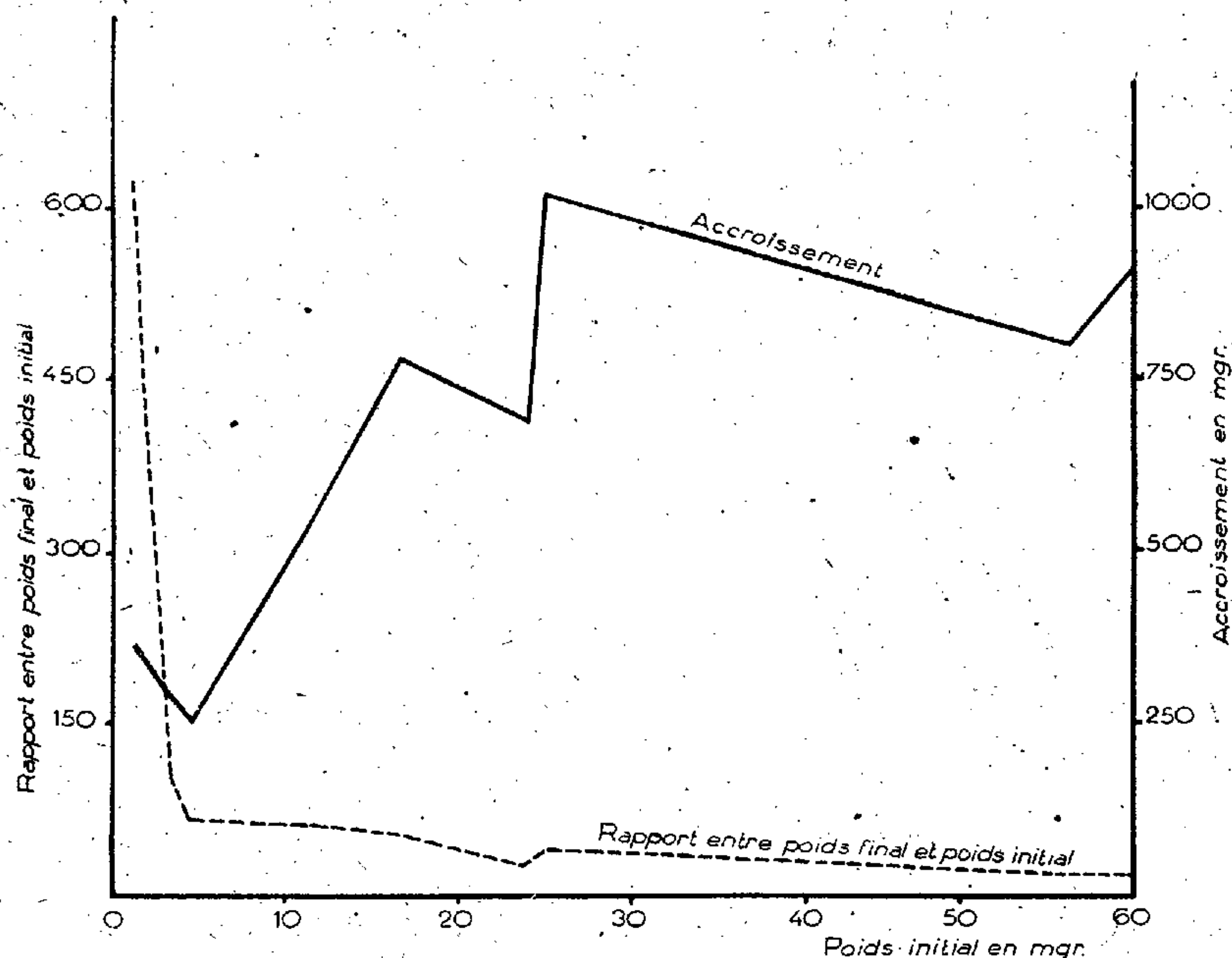
Pour résumer nos résultats, nous avons établi des courbes représentant

---

([4]) A part quelques rares débris de tissus végétaux (Algues ?), on ne rencontre, dans ce silex, aucun microfossile conservé à l'état de matière organique.

([1]) R. Gautheret, *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, Paris, 1942, p. 52.

l'accroissement des cultures en fonction du poids initial du fragment de tissu ensemencé. L'examen du graphique ci-dessous permet de conclure que le rapport entre le poids final et le poids initial d'une culture varie en raison inverse du poids initial. Les plus petits fragments dont nous ayons pu entre-



Variations de la croissance de tissus de Carotte en fonction du poids du fragment ensemencé. La courbe en trait plein est relative à l'accroissement pondéral des cultures; la courbe en tirets correspond aux variations du rapport $\frac{\text{poids final}}{\text{poids initial}}$. Remarquer que ce rapport est d'autant plus élevé que le poids de tissu ensemencé est plus faible.

tenir la prolifération pesaient $0^{mg},5$; deux d'entre eux ont été le point de départ de cultures géantes et se sont transformés, au bout de 10 mois, en énormes masses de tissus indifférenciés ayant la forme de disques mesurant 10^{cm} de diamètre, possédant une épaisseur de 2 à 3^{cm} et pesant au moins 150^{g}.

Étant donnée la fragilité des tissus de Carotte, nous supposons que les insuccès obtenus en partant de fragments d'un poids inférieur à $0^{mg},5$ étaient dus aux lésions que provoque inévitablement le prélèvement, et nous ne pensons donc pas que de très petits fragments soient véritablement incapables de proliférer.

Ces considérations nous ont conduit à répéter ces expériences en nous servant, non plus des fragments à peu près cubiques, mais de minces lames de tissus possédant une surface d'au moins 1^{cm^2} et une épaisseur uniforme comprise suivant les cas, entre 80 et 400^{μ}. Cette nouvelle série de recherches fut réalisée non seulement sur des cultures de notre souche de Carotte, mais aussi sur des tissus de Topinambour prélevés en juin sur des jeunes tubercules normaux. Les fragments les plus minces dont nous avons observé le développement possé-

daient une épaisseur de 100 à 120$^{\mu}$. La prolifération de ces lames minces n'était pas uniforme : tandis que certaines plages produisaient de volumineuses protubérances, d'autres ne se modifiaient pas et se nécrosaient rapidement; en pratiquant des coupes dans ces fragments, au bout de 15 à 20 jours de culture, nous avons pu, grâce à la présence des plages n'ayant manifesté aucune croissance, déterminer le nombre d'assises cellulaires que comportaient les lames de tissus au moment de leur prélèvement. Ces observations nous ont montré, aussi bien dans le cas des tissus de Carotte qu'en ce qui concerne ceux de Topinambour, qu'une lame possédant une seule assise de cellules vivantes est capable de proliférer activement ([2]).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le rôle des* corpora allata *dans la ponte des Dytiscidés*. Note ([1]) de M. **Pierre Joly**, présentée par M. Charles Pérez.

De nombreux travaux expérimentaux ont envisagé le rôle des *corpora allata* comme glandes endocrines contrôlant la métamorphose, la mue et le développement sexuel des Insectes. A ce dernier point de vue notamment, les différents auteurs ayant étudié cette question sont en complet désaccord : Wigglesworth (1936), sur *Rhodnius prolixus*, et I. G. Weed (1936), sur *Melanoplus differentialis*, constatent la nécessité de la présence des *corpora allata* pour le développement des œufs et la ponte; au contraire, Plugfelder (1937), sur *Dixippus morosus*, et Bounhiol (1938), sur *Bombyx mori*, obtiennent un développement complet et une ponte normale chez des animaux privés de leurs *corpora allata*. Il semble donc que les espèces envisagées réagissent très différemment à l'ablation de cet organe. Cette dissemblance de comportement peut être attribuée au fait que ces animaux présentent des cycles biologiques complètement différents : la ponte unique d'un Lépidoptère intervient nécessairement au bout d'un délai déterminé après la métamorphose; et du moment que celle-ci s'est produite, celle-là suit inéluctablement. Chez le *Rhodnius*, au contraire, la ponte, étant liée à la seule nutrition de l'animal, nécessite l'intervention d'un mécanisme humoral. Pour échapper à toute critique et saisir le phénomène sexuel à l'état pur, nous nous sommes adressé à des espèces chez qui la ponte se produit à date fixe, sans aucune relation avec la métamorphose, les Dytiscidés.

Chez ces animaux nous rencontrons en effet un véritable cycle génital. La

---

([2]) Rappelons que, dans ces recherches anciennes, réalisées dans des conditions défavorables, Rechinger n'a pu obtenir la prolifération de lames de tissus que si celles-ci comportaient au moins 21 assises de cellules (*Abh. Zool. bot. Ges. Wien.* **43**, 1893, pp. 310-344). Plus récemment, Börger a isolé des lames de divers tissus, mais n'a pu obtenir aucune prolifération (*Arch. f. exp. Zellf.*, 2, 1926, pp. 123-190).

([1]) Séance du 20 avril 1942.

vie imaginale durant 3 ou 4 ans, les femelles pondent chaque année. Les œufs commencent à se développer dans la seconde quinzaine de février et atteignent leur taille complète à la fin de mars, date à laquelle la ponte commence. Celle-ci peut durer 1 à 2 mois, après quoi l'ovaire rentre en repos jusqu'à l'année suivante.

Nous avons pu établir par une série d'expériences préalables que ce cycle est très peu sensible aux actions du milieu extérieur, température, lumière, alimentation, ainsi qu'à l'âge des animaux et à leur espèce (*Macrodytes marginalis*, *M. dimidiatus*, *M. circumflexus et Cybister*).

Nos expériences ont porté sur les quatre espèces précédentes, chez qui nous avons pratiqué trois types d'interventions :

1° destruction au thermocautère de la région des *corpora allata* (cette destruction a été effectuée dans le courant de février, c'est-à-dire avant que l'ovaire présente trace d'activité);

2° ablation chirurgicale élective des *corpora allata*, faite à la pince (cette ablation a été pratiquée à la fin de février, alors que les ovaires avaient déjà légèrement commencé leur développement);

3° ablation chirurgicale plus ou moins complète des *corpora cardiaca* et d'une partie des *corpora allata*, faite également à la pince et à la même date que précédemment.

Le premier type d'intervention a un très mauvais rendement; peu d'animaux survivent. Parmi eux, aucun de ceux auxquels les *corpora allata* avaient été complètement détruits n'a pondu ou présenté le moindre signe d'activité de ses ovaires. Les autres individus se sont comportés de façon très variable : ponte normale viable, ponte naine incapable de se développer ou stérilité complète, sans que nous ayons pu établir de relation précise entre le trouble génital produit et l'importance de la lésion.

Le second type d'intervention a, au contraire, un rendement très élevé : 70 % des opérés survivent indéfiniment, et l'ablation s'est toujours révélée complète à l'autopsie.

Aucune des opérées n'a pondu. Chez toutes le développement des ovaires, commencé au moment de l'intervention, s'est poursuivi pendant 15 à 20 jours; après quoi les œufs sont entrés en dégénérescence. Au bout d'un mois les ovaires étaient même retournés à un état légèrement plus régressé que celui d'un animal en diapause.

Le troisième type d'intervention, de même rendement que le précédent, a cependant des résultats beaucoup plus variables, sans toutefois que nous ayons jamais obtenu de ponte normale, même chez des animaux dont les *corpora allata* avaient été seulement détachés des *corpora cardiaca* (une seule femelle, sur dix-huit, a pondu quelques œufs, moitié moins gros que des œufs normaux). D'une manière générale le développement des œufs se poursuit plus longtemps que dans le cas précédent et va plus loin; mais là non plus nous

n'avons pu établir de relation précise entre l'importance de la lésion (détachement des *corpora allata*, destruction partielle ou totale des *corpora cardiaca*, destruction des *corpora cardiaca* et d'un des deux *corpora allata*) et le degré de stérilité obtenu.

En résumé il semble donc que :

1° chez ces animaux où la ponte n'est induite ni par une mue, ni par la métamorphose ou par quelque agent extérieur, elle soit sous la seule dépendance des *corpora allata*. Elle est en tout cas impossible en leur absence;

2° le sang de l'animal au début de la maturation ovarienne contienne assez d'hormone pour permettre encore le développement partiel des œufs pendant une dizaine de jours après l'ablation de la glande;

3° les *corpora allata* ne donnent leur plein effet qu'à condition d'être en liaison nerveuse avec le cerveau par l'intermédiaire des *corpora cardiaca*. Il faut, du reste, s'attendre à ce que cette troisième condition ne soit pas nécessaire chez tous les insectes, beaucoup possédant une innervation plus complexe de cet organe, soit directement à partir du sympathique, soit par l'intermédiaire d'un ganglion hypocérébral qui n'existe pas chez les Dytiscidés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Premières étapes de l'ossification dans les os embryonnaires et rôle de la phosphatase.* Note (¹) de MM. **Jean Roche** et **Marcel Mourgue**, présentée par M. Maurice Javillier.

La formation du phosphate tricalcique, $(PO^4)^2Ca^3$, dans les os est un phénomène dont le mécanisme demeure mal connu. Pour Robison, les humeurs osseuses saturées en $(PO^4)^2Ca^3$ renferment des ions $PO_4^{\equiv}$ et Ca^{++} à une concentration régie par leur produit de solubilité; aussi suffirait-il que des ions $PO_4^{\equiv}$ soient libérés par action de la phosphatase des os pour que $(PO^4)^2Ca$ précipite. Pour Pfaundler, pour Freudenberg et György, au contraire, les ions $PO_4^{\equiv}$ et Ca^{++}, d'abord fixés séparément par la matrice protéique préosseuse, donneraient naissance par la suite à $(PO^4)^2Ca^3$ ou à des précurseurs de ce sel lors de la formation de la substance osseuse (*prise* de l'os). Chacune de ces hypothèses rend compte de certains faits, mais ni l'une ni l'autre n'est entièrement satisfaisante.

Or si la théorie de Robison est exacte, les ébauches osseuses embryonnaires, douées d'une grande activité phosphatasique, doivent, dès le début de leur enrichissement en phosphore et en calcium, renfermer du phosphate tricalcique. C'est ce que nous avons essayé de contrôler en déterminant le rapport teneur en calcium/teneur en phosphore (Ca/P) dans des pièces squelettiques embryonnaires.

(¹) Séance du 27 avril 1942.

Nos recherches ont porté sur les os de deux Mammifères, la Chèvre (*Capra hircus hircus* L.) et le Mouton (*Ovis aries* L.) et d'un Batracien (*Pelodytes punctatus* Dandin). Voici quelques exemples des résultats obtenus sur 42 organes :

Espèce animale et taille de l'embryon (en cm)	Organe étudié.	Eau % du poids frais.	Cendres % du poids sec.	Calcium % du poids sec.	Phosphore % du poids sec.	Rapport Ca/P.
Chèvre, 18........	Pariétaux (souples)	73,6	49,74	18,41	9,45	1,92
» »........	Omoplates (molles)	86,4	19,33	1,34	2,03	0,66
» »........	Phalanges (déb. ossif.)	77,1	37,27	12,81	7,70	1,66
» »........	Fémur (épiphyse molle)	83,9	15,16	1,41	1,51	0,93
» »........	Mandibules (déb. ossif.)	70,5	57,29	20,45	10,70	1,91
Mouton, 19........	Epiphyses div. (molles)	88,4	14,73	3,57	2,79	1,27
» 20........	» »	90,6	17,30	5,69	3,70	1,53
» 20........	» »	87,0	22,60	4,41	2,60	1,72
» 24........	» »	84,5	34,63	11,80	6,09	1,90
Pelodytes (têtard).	Pariétaux	87,9	12,14	2,50	1,72	1,44

Les faits observés et leur discussion peuvent être ainsi résumés :

I. Les ébauches osseuses molles présentent dès le début de leur enrichissement en sels une teneur en phosphore telle que la valeur du rapport Ca/P traduit la présence d'un fort excès de phosphore ([2]) par rapport à la quantité pouvant être unie à la totalité du calcium pour former $(PO^4)^2Ca^3$. Il en est en général ainsi tant que la teneur en cendres des organes n'atteint pas 30 %. Lorsque les os deviennent légèrement plus riches en éléments minéraux, on voit se différencier des zones calcifiées; Ca/P est alors toujours très voisin de 1,90 à 2, sa valeur théorique étant de 1,96 pour $(PO^4)^2Ca^3$ et de 2,16 pour $[3(PO^4)^2Ca^3.CO^3Ca]$.

II. La fixation du calcium et celle du phosphore par les organes embryonnaires avant leur *prise* s'opèrent de manière indépendante, puisque le rapport Ca/P de ces pièces est variable. Sa valeur est d'autant plus basse que les os sont moins développés; elle a oscillé de 0,58 à 2,28 dans l'ensemble de nos expériences.

III. Il est actuellement établi que les ions $PO_4^{\equiv}$ et Ca^{++} peuvent être directement fixés par les protéines de la substance préosseuse, laquelle les prélève directement dans les humeurs (Pfaundler, Freudenberg et György, Roche et Simonot). Par ailleurs, comme l'activité phosphatasique des os est beaucoup plus élevée un peu avant et pendant la *prise* que par la suite (Roche et Martin-Poggi), ceux-ci s'enrichissent alors en radicaux PO^4. Aussi pensons-nous que le principal rôle de la phosphatase n'est pas de favoriser la précipitation de $(PO^4)^2Ca^3$ selon le mécanisme décrit par Robison, mais de permettre

---

([2]) Cet excès de phosphore est de beaucoup supérieur à celui pouvant être dû à la présence d'esters, dont nous avons constaté que les ébauches embryonnaires sont pauvres.

l'accumulation de radicaux phosphoriques dans la substance préosseuse, laquelle fixe indépendamment du calcium. C'est seulement lorsque cette *première* phase de l'ossification est terminée qu'a lieu la formation du phosphate tricalcique. La rapidité avec laquelle ce sel apparaît en abondance dans la substance osseuse néoformée permet de penser que, comme l'a pressenti Pfaundler, les remaniements des protéines chargées de calcium et de radicaux phosphoriques signalés par les histologistes au moment de la « prise » doivent libérer dans un temps assez bref des ions $PO_4^{\equiv}$ et Ca^{++}, qui apparaissent alors à une forte concentration, ce qui permet la formation et la précipitation de $(PO^4)^2Ca^3$ *in situ*.

IV. Cette conception permet d'expliquer que la phosphatase, intervenant dans un phénomène beaucoup plus lent que la précipitatien du phosphate tricalcique (très rapide dans les os embryonnaires et dans les cals) joue dans l'ossification un rôle important malgré la pauvreté relative des humeurs en esters phosphoriques. Elle suggère en outre l'hypothèse que l'une des principales fonctions des ostéoblastes est la sécrétion des enzymes (protéases et phosphatase) participant à la genèse de la substance osseuse.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1942.

Nouvelles études descriptives sur les Agarics termitophiles d'Afrique tropicale, par Roger Heim. Extrait des *Archives du Muséum national d'histoire naturelle.* Sixième série, tome XVIII. Paris, Éditions du Muséum, 1941; 1 fasc. 33cm.

Mémoires de l'Institut français d'Afrique noire, n° 2. *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal,* par Jean Trochain. Paris, Librairie Larose, 1940; 1 vol. 28cm (présenté par M. A. Chevalier).

Contribution à l'étude de la flore de Normandie, par Auguste Chevalier. Extrait du *Bulletin de la Société linéenne de Normandie.* Neuvième série, tome II. Cane, Imprimerie Ch. Le Tendre, 1942; 1 broch. 22cm, 5.

Secrétariat d'État à la production industrielle. Services de la Carte géologique de la France et des topographies souterraines. Études des gîtes minéraux de la France. *Les phosphates de chaux sédimentaires de France* (France métropolitaine et d'Outre-Mer), par Lucien Cayeux. Tome II. Paris, Imprimerie nationale, 1941; 1 vol. 32cm.

Conférences sur l'organisation du travail faites aux séances du Comité national de l'organisation française tenues en commun avec la Société des ingénieurs civils de France, par J. Chevalier, G. Rimond, R. Satet, G. Béquart, L. Danty-Lafrance, H. Dubreuil. Paris, C.N.O.F., 1941; 1 vol. 23cm.

Publications du Bureau d'études géologiques et minières coloniales, n° 16. *Existence, exploitabilité et prospection des roches aurifères,* par R. Goloubinow. Paris, 1941; 1 fasc. 24cm.

Idem, n° 17. *Géologie de l'Inde orientale française,* par Raymond Furon. Paris, 1941, 1 fasc. 24cm.

Le diagnostic chimique des avitaminoses techniques actuelles, par Paul Meunier et Yves Raoul. Paris, Masson et Cie, 1942; 1 vol. 23cm, 5.

Monografii Matematice. Fascicula VII. Seminarul de Mătematici al Universtătii den Cluj. *Comemorarea ilustrilor Matematicieni Émile Picard si Henri Lebesgue.* Comunicări Făcută in Sedinta Solemnă de la 4 februarie 1942 in Timişoara, de Th. Angheluta si P. Sergescu. Timişoara, Tipografia Romanească, 1942; 1 fasc. 24cm, 5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 MAI 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur HENRI LAGATU,
par M. **MAURICE JAVILLIER**.

HENRI LAGATU, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Économie rurale, est décédé le 31 janvier dernier dans sa 80e année. Nous perdons en lui un chimiste-agronome de haute conscience et de grande originalité.

Breton d'origine, Lagatu obtient la licence ès sciences physiques à la Faculté de Bordeaux, puis, tenté par les sciences biologiques et orienté vers l'Institut Agronomique par G. Wéry, il devient ingénieur-agronome (1890). Il fréquente quelque temps le laboratoire de Müntz; mais, dès 1891, après un concours où se manifestent les sérieuses qualités de son esprit, il devient professeur de chimie à l'École nationale d'Agriculture de Montpellier. Il devait occuper cette chaire pendant 38 ans et trouver dans l'exercice de ses devoirs professionnels et dans l'application de sa pensée à la recherche scientifique les seules satisfactions auxquelles il attachât un très haut prix. A dire vrai, il avait aussi une âme d'artiste — et d'artiste assez généreux pour aider bien des jeunes à éveiller leur talent. Mais c'est le savant que nous devons évoquer ici.

Lagatu fut d'abord un analyste. Son laboratoire était chargé d'un service d'analyses agricoles particulièrement lourd en un temps où la reconstitution du vignoble méridional était la préoccupation dominante. Lagatu publie, avec son collaborateur L. Sicard, un *Guide pour l'analyse des terres*, et ce guide traduit le désir de l'auteur de ne pas fournir purement et simplement d'honnêtes résultats analytiques, mais de donner à ceux-ci leur « sens agrologique », d'en déceler la « portée agricole », d'en déduire des « possibilités d'améliorations culturales ». Tâche difficile, impliquant, à côté d'une bonne éducation d'analyste, une connaissance précise des conditions climatiques de la région, des besoins des diverses cultures, des interactions entre éléments du sol et engrais, c'est-à-dire un sens agronomique avisé acquis par de patientes observations. Lagatu excellait personnellement dans ces

interprétations. Maintes publications, en dehors de ce livre, en donnent le témoignage : ses études analytiques d'un schiste de l'Espinouse, des terres de la plaine des Loyettes, des terres arables formées par le schiste séricitеux granulitisé, sans oublier son étude des terres salées du littoral méditerranéen etc.

Préoccupé d'établir des relations logiques entre l'analyse des sols et la technique agricole, il traduit les résultats de la première par des représentations graphiques et aboutit à des classifications des terres arables qui épousent les données des analyses « mécanique » et « minéralogique » et à des nomenclatures qui évoquent les « qualités agricoles » des terres.

Nous venons d'écrire, comme M. Lagatu, « minéralogique » au lieu de « chimique ». C'est qu'en effet, soucieux d'aller au delà de l'analyse chimique, de « voir » et caractériser les constituants mêmes des terres cultivées, de saisir leurs relations avec les roches mères, il introduit dans l'étude analytique l'observation au microscope polarisant de préparations de terre en plaques minces et la diagnose, poussée aussi avant que possible, des espèces minéralogiques qui les constituent. En collaboration avec le professeur A. Delage, il est pleinement initiateur dans ce domaine.

Une connaissance approfondie des sols avait comme but essentiel un maniement plus rationnel des engrais et l'amélioration des rendements. Cette préoccupation s'est traduite non seulement par les conseils judicieux que Lagatu a prodigués, mais aussi par des publications qui témoignent des bases scientifiques de ses jugements, comme de son sens aigu des réalités agricoles. Telle est sa brochure sur *La Fumure intensive et économique de la Vigne*, où il détermine quels doivent être les caractères essentiels de cette fumure et où, s'appuyant sur de solides résultats expérimentaux, il aboutit aux meilleures formules d'engrais et aux meilleures règles de leur emploi.

Connaître le sol, le fumer et l'amender au mieux d'après cette connaissance, c'est bien; c'est s'en tenir cependant à une vue incomplète des choses. C'est la plante qui tire parti du sol et chaque espèce réagit à sa façon vis-à-vis de son milieu nutritif. Le rôle des bases, chaux, potasse, magnésie, varie avec l'espèce. Lagatu le sent profondément et le démontre.

Il se demande alors s'il n'y aurait pas moyen de trouver un « test du mode d'alimentation du végétal » dans les variations de composition chimique de la feuille. On lui a reproché de vouloir juger du chimisme d'une plante par celui des feuilles seules et, comme nous allons le voir, d'une feuille unique; c'est que, par des voies scientifiques, il poursuit un but pratique, agronomique. L'on ne peut demander au végétal entier de répondre, car ce végétal, un pied de Vigne, par exemple, doit être respecté; ni même à l'ensemble du feuillage, pour la même raison et parce que celui-ci est un mélange de feuilles d'âges divers et de compositions différentes.

Lagatu, avec le professeur Maume, décide de suivre le chimisme d'une feuille

occupant une place déterminée, la première feuille susceptible de fournir un échantillon au départ de la végétation, celle qui occupe la base du rameau. Les auteurs appellent « diagnostic foliaire à un moment donné » l'état chimique, à l'instant considéré, de cette feuille prise en place et « diagnostic foliaire annuel » la série des états chimiques de cette feuille relevés par l'analyse à diverses époques du cycle végétatif. Pour que les diagnostics foliaires revêtent un sens et permettent de comprendre le « mode d'alimentation » de la plante, il faut y juxtaposer l'image du développement et du rendement et qu'ils soient faits comparativement sur feuilles empruntées à des plantes cultivées sur parcelles différemment fumées, « donnant, dans des conditions physiques pareilles, des développements et des rendements différents qu'on serait en droit d'attribuer à des modes d'alimentation différents ».

Je ne puis ici développer la technique de « diagnostic foliaire », que Lagatu et Maume ont appliquée notamment à la Vigne et à la Pomme de terre, et en mettre en valeur les résultats. Disons seulement que le « diagnostic » traduit chimiquement l'intervention de tout facteur susceptible de modifier le mode d'alimentation; on peut l'utiliser pour savoir dans quelle mesure telle modification artificielle du milieu retentit sur l'alimentation. Ainsi, une formule d'engrais étant donnée, on peut se demander comment varie l'efficacité de cette fumure avec l'époque de l'épandage. « Sans doute », explique Lagatu, « le champ d'expériences donne des indications, mais le diagnostic foliaire a l'avantage de répondre analytiquement, d'indiquer ce qui advient pour chaque principe ». Le diagnostic foliaire, dit-il encore, « met en évidence des caractères systématiquement liés au mode d'alimentation de la plante entière ».

Idées et faits n'ont pas été sans susciter des controverses, mais on ne discute que ce qui est neuf et intéressant, et l'originalité et l'utilité des concepts de Lagatu ont été généralement reconnues.

Professeur doué d'un grand talent d'exposition, Lagatu a exercé une puissante action sur les jeunes qu'il a formés; il les a pénétrés de l'idée que la pratique agricole doit chercher ses directives dans les principes et les méthodes de la Science. S'élevant au-dessus de sa spécialité, il ne craignait pas de donner à son cours de Chimie une *Introduction philosophique*, où étaient abordés le problème général de la connaissance, la nécessité de la méthode, les relations de la science expérimentale avec les sciences rationnelles.

C'est un maître de la Chimie agricole, un maître de haut esprit et de grand cœur, qui vient de disparaître.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de *Métallurgie et Travail des métaux* du Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Jean Cournot* obtient 32 suffrages; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Albert Roux* obtient 28 suffrages; il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne.................... M. **Jean Cournot**.
En seconde ligne.................... M. **Albert Roux**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gaston Portevin. *Ce qu'il faut savoir des Insectes.* Volume III. *Orthoptères, Hyménoptères, Diptères et Insectes inférieurs* (présenté par M. A. Chevalier).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la construction des réseaux hydrodynamiques.* Note de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Les constructions classiques de réseaux hydrodynamiques (Prasil...) permettent de déduire successivement les lignes de courant d'un écoulement irrotationnel de l'une d'entre elles préalablement cotée en valeurs potentielles, grâce à une intégration graphique approchée de l'équation de Laplace. Récemment, M. Barrillon a apporté aux méthodes classiques un complément très important en permettant de construire les centres de courbure des tracés diagonaux. Ainsi se trouve éliminé tout arbitraire dans ces tracés, et les triangles d'indétermination, qui se présentaient à une certaine distance de la ligne de départ, sont réduits dans de notables proportions. Ainsi s'est trouvée constituée une méthode graphique parfaitement adaptée au but poursuivi. Parmi les nombreuses applications de cette méthode, on peut citer la détermination des caractéristiques du déversement sur un profil donné à partir de relevés expérimentaux de la surface libre ([1]).

Nous nous proposons, dans cette Note, d'appliquer aux problèmes de

([1]) Cf. Escande, *Barrages-déversoirs.*

construction des réseaux hydrodynamiques les méthodes de prolongement analytique dont le principe a été indiqué dans une Note précédente ([2]), dont nous conservons les notations.

L'ensemble frontière E, défini dans l'espace cartésien par le point M, est constitué par le continu à une dimension E_1 qui caractérise la courbe de base du réseau, et par le continu E_2 qui caractérise la ligne de courant extrême (dans les phénomènes de déversement : surface libre et section du seuil). Soient $(P_{1,2})$ l'espace fonctionnel complexe, $(P'_{1,2})$ l'espace dérivé. Les équations de l'hydrodynamique conduisent aux relations

$$P^2(E_1) = C_1, \tag{1}$$
$$P'^2(E_1) = f[M(E_1)], \tag{2}$$
$$P_2(E_2) = C_2, \tag{3}$$

où f est une fonction déterminée par la loi de distribution des cotes en valeurs potentielles sur la ligne de base, et où C_1 et C_2 sont des constantes connues, définies par des conditions relatives au débit de l'écoulement.

L'ensemble E_1 sera choisi comme constituant fondamental, au sens précisé dans la Note indiquée; les conditions (1) et (2) seront les conditions fondamentales. La symétrie analytique de base $E(f)$ définit, dans l'espace cartésien, la fonction $\zeta(z)$ par l'affixe du transformé de z. Par un simple jeu d'écritures suivant les conventions que nous avons admises ([2]), on déduira des relations fondamentales un résultat différentiel local qui dépend de la fonction $\zeta(z)$, mais la théorie générale du prolongement analytique, que nous avons développée, permet d'en déduire des formules valables dans le domaine tout entier.

L'étude de la fonction $\zeta(z)$ et de la relation différentielle générale permet de définir et de construire la surface de Riemann attachée au constituant fondamental, et l'on tire de là des résultats importants sur l'allure générale de l'écoulement. En particulier, la détermination des points singuliers de cette surface met en évidence les zones d'instabilité au delà desquelles tout prolongement (analytique ou graphique) ne saurait avoir qu'un caractère illusoire. Ceci limite les possibilités d'écoulement régulier pour une courbe de base donnée avec sa répartition potentielle initiale.

D'autre part, l'inclinaison du vecteur vitesse au point M du domaine fluide sera définie, après inversion de la formule $\zeta = \zeta(z)$ sous la forme $z = z(\zeta)$, par l'argument de la dérivée du potentiel complexe défini directement, sans intégration, par la relation différentielle que l'on déduit du prolongement analytique au delà du constituant fondamental. On déterminera, en adoptant le même procédé de calcul, la courbure de la ligne de courant qui passe au

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 341-342.

point M et, par suite le lieu des points d'inflexion des lignes de flux et la construction des centres de courbure de M. Barrillon.

L'application de ces méthodes analytiques, qui permettent d'obtenir rigoureusement les caractéristiques de l'écoulement en tout point intérieur du domaine fluide, complète les méthodes graphiques dont il a été question au début de cette Note.

Pour une solution pratique, on peut effectuer explicitement le calcul des éléments caractéristiques de l'écoulement en un certain nombre de points convenablement répartis dans le domaine. Il est également commode de rechercher la représentation nomographique qui traduit directement les formules analytiques et permet de construire le vecteur vitesse en tout point du domaine fluide à partir d'un certain édifice géométrique bien défini. Une fois établis les nomogrammes de base, les constructions nécessaires à la détermination des lignes de courant sont généralement très rapides et, de plus, il est à remarquer que, dans cette méthode, les constructions qui sont relatives à chacun des points du domaine sont indépendantes les unes des autres. Ceci a pour conséquence une répartition des erreurs graphiques qui conduit à une certaine compensation. Au contraire, dans les méthodes classiques, l'erreur que l'on commet en un point déterminé du domaine provient de deux sources distinctes : *a*. les erreurs graphiques proprement dites; *b*. les erreurs qui proviennent de la substitution de lois finies approchées aux lois infinitésimales vraies. Les constructions des lignes de courant successivement réalisées à partir de la courbe de base, provoquent ainsi une accumulation d'erreurs systématiques et accidentelles qui empêche d'apprécier *a priori* l'ordre de grandeur de l'intervalle d'indétermination de la solution obtenue. Ainsi la méthode analytique, directe ou indirecte, dont nous avons donné le principe, constitue un auxiliaire intéressant des méthodes purement graphiques, en permettant une comparaison directe des résultats en un certain nombre de points de référence convenablement répartis dans le domaine. Nous avons vu d'ailleurs qu'elle permet également d'obtenir rigoureusement toutes les caractéristiques du phénomène étudié.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur dix relations conséquences des équations de Dirac*. Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**.

Pour alléger l'écriture du calcul et des résultats, il est avantageux d'utiliser un symbolisme condensé dû à M. G. Juvet; désignons par $\overrightarrow{\partial^i}$ l'opérateur différentiel partiel habituel agissant à droite, et introduisons l'opérateur analogue $\overleftarrow{\partial^i}$ agissant à gauche, de manière à pouvoir écrire l'équation symbolique de Dirac et son associée de Pauli sous la forme ($\mu_0 = m_0 c . 2\pi/h$,

$\varepsilon = 2\pi e/ch$),

$$(1) \qquad \left\{\gamma_i\left(\underset{\rightarrow}{\partial^i} - i\varepsilon A^i\right) + \mu_0\right\}\psi = 0, \qquad \psi^\times\left\{\left(\underset{\leftarrow}{\partial^i} + i\varepsilon A^i\right)\gamma_i - \mu_0\right\} = 0.$$

Enfin, définissons l'opérateur différentiel antisymétrique $[\partial^i]$ suivant

$$[\partial^i] = \underset{\rightarrow}{\partial^i} - \underset{\leftarrow}{\partial^i};$$

les $[\partial^i]$, de même que les γ_i, agissent à la fois à droite et à gauche.

Cela étant, choisissant successivement, dans le tableau des 16 γ, une matrice γ des cinq ordres 0, 1, 2, 3, 4, multipliant (1_1) à gauche par $\psi^\times\gamma$, (1_2) à droite par $\gamma\psi$, ajoutant et retranchant, on fait apparaître les $5 \times 2 = 10$ relations tensorielles suivantes :

	(A)	(B)
I.	$\partial_l(j^l) = 0,$	$\{T_i^i\} = -2\mu_0\{\omega^1\},$
II.	$\partial_k(m^{kl}) - \{k^l\} = 2\mu_0(j^l),$	$\partial^i(\omega^1) - \{K^i\} = 0,$
III.	$\overline{\partial^l(j^k) - \partial^k(j^l)} - \{S^{kl} - S^{lk}\} = -2\mu_0(\overline{m^{kl}}),$	$\overline{\partial^l(\sigma^k) - \partial^k(\sigma^l)} - \{T^{kl} - T^{lk}\} = 0,$
IV.	$\partial_i(\overline{m^{ij}}) + \{l^j\} = 0,$	$\partial^i(\omega^2) + \{L^i\} = -2\mu_0(\sigma^i),$
V.	$\{S_i^i\} = 0,$	$\partial_i(\sigma^i) = -2\mu_0(\omega^2),$

avec, par définition des onze tenseurs qui y figurent [1],

$$(\omega^1) = \psi^\times\psi, \quad (j^l) = \psi^\times\gamma^l\psi, \quad (m^{ij}) = \psi^\times\gamma^{ij}\psi, \quad (\sigma^l) = \psi^\times\gamma^{-l}\psi, \quad (\omega^2) = \psi^\times\bar{\gamma}\psi,$$

$$\{k^i\} = \psi^\times\,[\partial^i]\psi - 2i\varepsilon(\omega^1)A^i, \qquad \{K^j\} = \psi^\times\gamma^{ij}[\partial_i]\psi - 2i\varepsilon(m^{ij})A_i,$$

$$\{l^i\} = \psi^\times\bar{\gamma}\,[\partial^i]\psi - 2i\varepsilon(\omega^2)A^i, \qquad \{L^j\} = \psi^\times\bar{\gamma}^{ij}[\partial_i]\psi - 2i\varepsilon(\overline{m}^{ij})A_i,$$

$$\{S^{ij}\} = \psi^\times\bar{\gamma}^i[\partial^j]\psi - 2i\varepsilon(\sigma^i)A^j, \qquad \{T^{kl}\} = \psi^\times\gamma^k[\partial^l]\psi - 2i\varepsilon\,(j^k)\,A^l;$$

dans ces formules, les $\gamma^{ij\cdots}$ désignent les produits de matrices $\gamma^i\gamma^j\ldots$; les matrices et les composantes tensorielles duales sont surmontées d'une barre, $\bar{\gamma}$, par exemple, s'entendant pour *duale de* γ^{1234}. Enfin, nous n'avons fait figurer que les tenseurs densitaires *abstraits*, c'est-à-dire dépourvus de leurs coefficients physiques (et éventuellement du facteur i qui rétablirait le caractère de réalité convenable).

Des onze tenseurs précédents, les cinq premiers sont bien connus en théorie de Dirac, ainsi que le *courant de convection* de W. Gordon $\{k^l\}$ [2] et que le *tenseur inertique non symétrique* de H. Tetrode $\{T^{kl}\}$ [3]. Des dix relations écrites, I(A), II(A) (Gordon) et V(B) (Uhlenbeck et Laporte) sont classiques. Nous réservons l'interprétation de III(B), qui a été donnée par Tetrode, au moyen d'un raisonnement de dynamique relativiste non quantique. Quant aux autres relations, III(A) fournit une décomposition de

---

(1) Le caractère tensoriel de toutes ces grandeurs est évident pour un changement de repère galiléen effectué à la première manière de Von Neumann.

(2) *Zeits. f. Phys.*, 50, 1928, p. 630.

(3) *Zeits. f. Phys.*, 49, 1928, p. 858.

la densité de moment électromagnétique, avec un premier terme $\partial^l(j^k) - \partial^k(j^l)$ très *intuitif*, et un second terme égal au *défaut de symétrie* de notre nouveau tenseur $\{S^{kl}\}$; V(A) exprime que la trace de $\{S^{kl}\}$ est toujours nulle, et IV(A) permet d'interpréter $\{l^i\}$ comme la densité de courant de polarisation magnétique; I(B) égale à un facteur près la trace du tenseur de Tetrode au premier invariant, et permet donc d'interpréter (ω^2) comme la *densité de masse propre;* II(B) et IV(B) font intervenir les gradients d'Univers des deux invariants, IV (B) fournissant une décomposition de la densité de moment cinétique propre (σ^i).

Les tenseurs (j), (m), $\{k\}$, $\{l\}$ et $\{S\}$ appartiennent en propre au système (A), et (ω^1), (σ), (ω^2), $\{K\}$, $\{L\}$ et $\{T\}$ au système (B); les grandeurs physiquement bien identifiées sont (j), $\{k\}$, (m), de nature électromagnétique, et (σ), $\{T\}$, de nature inertique. Finalement, le sous-système (A) caractérise le comportement électromagnétique et le sous-système (B) le comportement inertique du fluide de probabilité de Dirac.

En l'absence de potentiel électromagnétique extérieur ($A^i \equiv 0$), on voit que *le système électromagnétique* (A) *et le système inertique* (B) *sont complètement indépendants*. Au contraire, *la présence d'un potentiel* A^i *produit un couplage électro-mécanique*, en introduisant dans chaque tenseur { } (issu de l'opérateur antisymétrique $[\partial^i]$) un terme de nature physiquement *opposée*; c'est ainsi que se manifeste l'effet pondéromoteur du champ. On peut remarquer que cette manifestation est beaucoup plus symétrique que dans l'ancienne mécanique relativiste du point chargé, où s'introduisait seulement une impulsion-masse électromagnétique.

Remarque. — Si H^{ij} désigne le champ électromagnétique, on montre avec Tetrode que

$$\partial_k\{T^{kl}\} = \partial_k\{T^{lk}\} = 2i\varepsilon H^{kl}(j_k);$$

un calcul analogue conduit au résultat (¹)

$$\partial_i\{S^{ij}\} = \partial_i\{S^{ji}\} + 2\mu_0\{l^j\} = 2i\varepsilon H^{ij}(\sigma_i).$$

CHANGEMENTS D'ÉTAT. — *Sur le passage de l'état liquide à l'état vitreux.* Note de M. **Robert Guillien**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les liquides polaires présentent des phénomènes d'absorption électrique et de dispersion de la constante diélectrique assez bien représentés par la théorie de Debye. Si la fréquence F utilisée pour les mesures est constante, l'absorption ε'' varie, en fonction de la température, suivant une courbe en

(¹) Dans III(A), tenant compte de cette dernière relation, ainsi que de IV(A) et du fait que les divergences du dual d'un rotationnel sont identiquement nulles, on est bien conduit à une identité.

cloche dont le maximum a lieu à une température T_2. La constante diélectrique ε' est maxima à une température T_1 supérieure à T_2. T_1 et T_2 diminuent en même temps que F. J'avais observé (¹) que les aluns du type α, tels que $FeNH^4(SO^4)^2$, $12H^2O$, ont à l'état cristallin des propriétés diélectriques analogues à celles des liquides polaires. J'ai pu constater en outre que, lorsque F tend vers zéro, T_1 *et* T_2 *ne tendent pas vers le zéro absolu, mais vers deux températures limites* T_{1_0} *et* T_{2_0}. J'ai également remarqué que *la chaleur spécifique est maxima à une température* T_3, *très voisine de* T_{2_0}.

Je me suis demandé si, inversement, les liquides polaires présentaient aussi ces deux propriétés : existence de températures limites T_{1_0}, T_{2_0} quand F tend vers zéro, anomalie de chaleur spécifique à une température T_3 voisine de T_{2_0}. Or la chaleur spécifique de quelques liquides a pu être mesurée (²) (³) à des températures très inférieures à leur point de fusion. Lorsque la température s'élève, la chaleur spécifique, d'abord très voisine de celle à l'état cristallisé, croît brusquement de quelques degrés, passe par un maximum à une température T_3, décroît légèrement, puis croît presque linéairement.

Il restait à voir s'il existait des températures limites T_{1_0}, T_{2_0} pour les maxima de ε' et ε'' en fonction de la température et, éventuellement, comment T_3, définie par le maximum de la chaleur spécifique, se plaçait par rapport à ces limites. En général, ce problème présente quelques difficultés expérimentales, car l'effet de la conductibilité du liquide devient de plus en plus gênant lorsque la fréquence F diminue. De nombreuses mesures avaient été faites, mais surtout avec des fréquences élevées, pour la glycérine qui reste facilement surfondue. J'ai effectué des mesures pour les fréquences de $1,27.10^6$ à 0. La température T_2 du maximum d'absorption tend vers $T_{2_0} = 191°K$.

Or *la température* T_3 *du maximum de chaleur spécifique* (²) (³) *est précisément* 191°K. *Ces mesures montrent que même la constante diélectrique statique* (*pour* F = 0) *ne croît pas jusqu'au zéro absolu, mais jusqu'à* T_{1_0}, *puis décroît.*

Il est intéressant de noter que ce n'est qu'en dessous de 186°K que ε' est indépendant de la fréquence (et de la température en première approximation).

Pour le propylèneglycol (²) (T_3 165°K), j'ai utilisé les mesures d'autres auteurs (⁴) pour tracer également les courbes (logF, T_1) et (logF, T_2). Comme pour la glycérine, ces courbes sont situées à droite de la verticale d'abscisse T_3.

D'après la théorie de Debye, les phénomènes d'absorption et de dispersion électriques sont liés à la viscosité η du milieu. Par passage de l'état liquide à

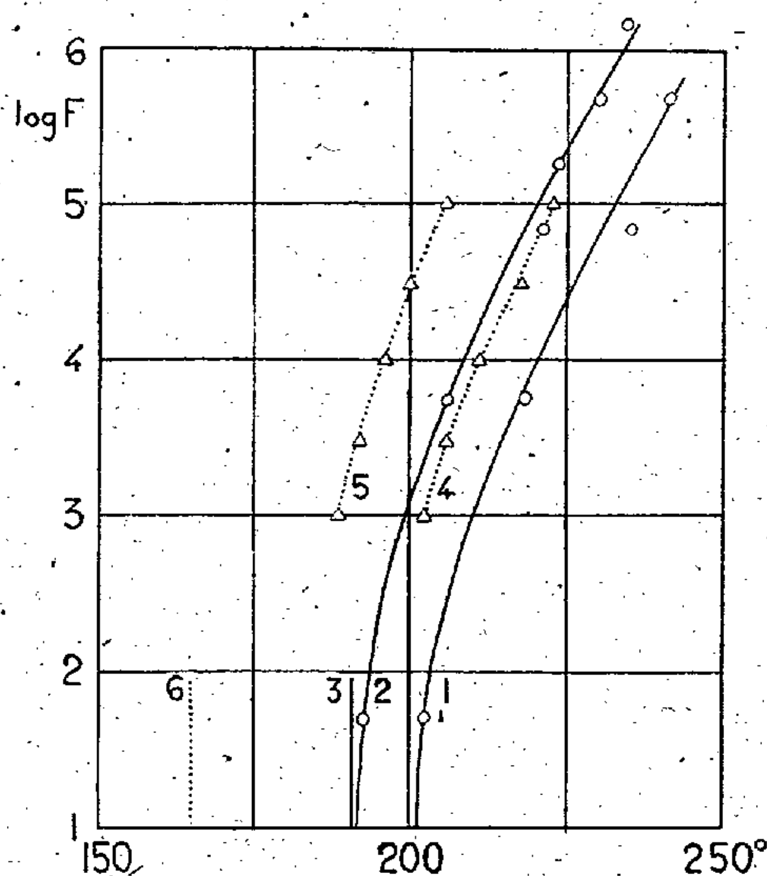
(¹) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 21; 213, 1941, p. 991.

(²) G. S. Parks et H. M. Huffmann, *J. Phys. Chem.*, 31, 1927, p. 1842; G. S. Parks, H. M. Huffmann et F. R. Cattoir, *J. Phys. Chem.*, 32, 1928, p. 1366.

(³) G. E. Gibson et W. F. Giauque, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 93.

(⁴) A. H. White et S. O. Morgan, *Physics*, 2, 1932, p. 313.

l'état vitreux, l'absorption ε'' tend vers zéro, et la constante diélectrique tend vers une valeur voisine du carré de l'indice de réfraction. Ceci s'interprète en admettant que η prend des valeurs extrêmement élevées à des températures



1, courbe log F, T_1 relative à la glycérine; 2, courbe log F, T_2 relative à la glycérine; 3, droite d'abscisse T_3 relative à la glycérine; 4, courbe log F, T_1 relative au propylèneglycol; 5, courbe log F, T_2 relative au propylèneglycol; 6, droite d'abscisse T_3 relative au propylèneglycol. (D'après les mesures de White et Morgan.)

voisines de T_3 ou T_{2_0}. Pour quelques liquides, la viscosité a été mesurée près du point de fusion ([5]) ([6]) et même à l'état surfondu ([5]). J'ai pu constater que la viscosité de ces liquides est très bien représentée par une formule proposée par G. Juge-Boirard ([7]) : $\log\eta = A \log(T - C) + B$. Lorsque $T = C$, η devient infini; *la constante* C *a donc une signification physique simple, elle est égale à la température de vitrification du liquide*. Pour la glycérine on trouve $C = 190°,9$K, valeur très voisine de $T_3 = T_{2_0} = 191°$K. Pour d'autres corps l'accord est moins bon.

L'interprétation de tous les phénomènes précédents est la suivante. Aux températures très inférieures à T_3, la viscosité est extrêmement grande, les moments électriques sont complètement bloqués, la chaleur spécifique est faible parce que les molécules n'ont pas d'énergie de translation et de rotation appréciable. Au voisinage de T_3, la viscosité diminue très vite. Les mouvements des molécules s'établissent avec une augmentation de chaleur spécifique correspondant à l'augmentation des degrés de liberté. Comme les dipôles peuvent alors s'orienter, la constante diélectrique croît considérablement.

([5]) G. Tammann et W. Hesse, *Zeits. anorg. allg. Chem.*, 156, 1926, p. 249.
([6]) Tokuzo Tonomura, *Sc. Rep. Tohoku, Imp. Univ.*, 22, 1933, p. 118.
([7]) G. Juge-Boirard, IIe *Congrès Mondial du Pétrole*, 2, p. 961, Paris, 1937.

MAGNÉTISME. — *Sur la mesure du coefficient d'aimantation des solides poreux.* Note de M. CLÉMENT COURTY, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avions autrefois montré ([1]) expérimentalement, M. Chéneveau et moi, que la mesure des coefficients d'aimantation des liquides faite avec la balance magnétique de Curie et Chéneveau, en utilisant le tube cylindrique de l'appareil, ne pouvait se faire avec précision que si le liquide étudié occupait le même volume que l'eau utilisée comme substance étalon.

Si l'on veut mesurer le coefficient d'aimantation d'un solide avec le même appareil, en utilisant toujours l'eau comme étalon, l'égalité des volumes entre le solide et l'eau est irréalisable, même si le solide est finement pulvérisé. Il faut alors avoir recours à certains artifices, pour atteindre une précision acceptable.

Dans d'autres publications ([2]), nous avons montré qu'avec un nouveau tube plus large et en noyant le solide dans un liquide ne le dissolvant pas, de manière à avoir un volume total égal à celui de l'eau, tout en enlevant par une succion à la trompe à eau l'air inclus dans le mélange, on obtenait de bons résultats. Il suffit d'appliquer la règle d'additivité des mélanges aux constantes magnétiques du solide et à celles du liquide dans lequel il est noyé. Par un calcul simple, connaissant les masses de solide et de liquide en présence, on obtient le coefficient d'aimantation χ du solide, avec une erreur inférieure à 1 %.

Ainsi, pour le sulfocyanate de potassium, nous avons trouvé par cette méthode $10^6\chi = -0,4922$ pour le sel solide noyé dans sa solution saturée faite avec de l'eau distillée ordinaire, et $10^6\chi = -0,4929$ pour le sel solide noyé dans sa solution saturée faite avec de l'eau bidistillée; et pourtant, les coefficients d'aimantation des deux solutions saturées n'étaient pas les mêmes : $-0,500.10^{-6}$ pour la solution dans l'eau distillée ordinaire, et $-0,606.10^{-6}$ pour la solution dans l'eau bidistillée. La mesure du coefficient d'aimantation du solide fondu dans le tube de la balance magnétique avait donné également $10^6\chi = -0,493$.

Il est bon de noter cependant que la méthode, appliquée au sulfocyanate noyé dans une solution alcoolique ou acétonique saturée, et qui avait donné rigoureusement le même nombre $10^6\chi = -0,505$ pour l'un et l'autre de ces mélanges, ne donnait plus $-0,493$, mais un nombre supérieur en valeur absolue de plus de 2 %.

Sans nous attarder sur ces divergences simplement signalées, nous avons tenté, depuis, d'appliquer cette méthode aux corps solides poreux.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 75.

([2]) *Thèse Fac. Sc. Paris*, 1935, p. 105; *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 3, 1936, p. 929.

A priori, à condition que l'aspiration à la trompe à eau soit suffisante pour enlever l'air emprisonné dans les pores du solide, on prévoit que la méthode doit s'appliquer; et en fait elle s'applique.

C'est ainsi que de la porcelaine blanche concassée, de densité 2,3, de granulation 12-16, a donné comme coefficient d'aimantation $10^6\chi = + 0,739$ par mesure dans l'air, et $10^6\chi = + 0,738$ par mesure dans l'eau. En effet le mélange de porcelaine et d'eau renfermant 46,38 % d'eau, a donné comme coefficient d'aimantation du mélange $10^6\chi_m = + 0,0615$; en prenant $10^6\chi' = - 0,720$ pour l'eau, la règle des mélanges donne, pour la porcelaine, $10^6\chi = + 0,7376$, soit $+ 0,738$ par excès.

Encouragé par ce résultat, nous avons tenté d'appliquer la méthode à un corps poreux très particulier, le charbon actif.

Là nous n'avons obtenu de résultats à peu près concordants entre le coefficient d'aimantation du solide dans l'air et celui du solide dans l'eau que dans le cas du charbon finement pulvérisé, comme le montrent les résultats suivants :

Échantillon.	Texture.	$10^6\chi$ du solide dans l'air.	$10^6\chi$ du solide dans l'eau.	Masse d'air enlevée %.
1..........	grains	+1,931	+1,508	1,86
2..........	«	+3,058	+1,834	8,92
3..........	«	+2,441	+1,742	3,11
4..........	poudre	+4,871	+5,087	0

Nous pensons, en première analyse, que le coefficient d'aimantation du charbon dans l'air, donné par la mesure, est le coefficient global du charbon et de l'air qui l'accompagne, et que, dans l'eau, le coefficient obtenu est le coefficient global du charbon et de l'air que l'aspiration et l'eau ne réussissent pas à déplacer à la température ordinaire.

Il en résulterait que, dans le cas du charbon en poudre, l'air serait en totalité fixé plus solidement sur le charbon que dans le cas du charbon en grains, pour lequel une partie non négligeable de l'air serait susceptible d'être éliminée par l'action combinée de l'aspiration et de la présence de l'eau.

Cette quantité d'air déplacée par 100^g de charbon sec sous l'action du vide en milieu aqueux, figure dans la dernière colonne du tableau précédent; on voit qu'elle varie beaucoup d'un échantillon à l'autre. Nous l'avons calculée en prenant comme coefficient d'aimantation de l'air le nombre $10^6\chi = + 24,16$, généralement admis.

ÉLECTROMÉCANIQUE. — *Enregistreurs statistiques et, plus généralement, systèmes électromécaniques asservis à une grandeur physique, fonction continue ou discontinue du temps.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons exposé [1] plusieurs méthodes d'enregistrement statistique des perturbations électromagnétiques et nous avons indiqué le principe d'enregistreurs statistiques tels que l'équation différentielle du mouvement de l'équipage mobile admette l'intégrale particulière

$$\Phi(t) = e^{-\frac{t}{\tau}} \int e^{\frac{t}{\tau}} f(t)\, dt,$$

$f(t)$ étant la grandeur physique attachée au phénomène à enregistrer; τ, la constante de temps principale de l'enregistreur.

La présente Note a pour objet l'extension de la méthode proposée à des phénomènes se manifestant par des grandeurs physiques quelconques et, plus généralement, l'adaptation de systèmes électromécaniques, aux phénomènes auxquels ces systèmes sont soumis, par leur asservissement au mouvement de l'organe mobile sur lequel s'exerce un couple (ou une force) proportionnel à la grandeur physique $f(t)$ attachée au phénomène.

Soit $\Sigma\Gamma$ l'ensemble des couples (ou des forces) passifs, du système électromécanique, fonction du déplacement angulaire (ou linéaire) θ de l'organe mobile, compté à partir de la position d'équilibre statique, et fonction des dérivées successives, par rapport au temps, de ce déplacement jusqu'à l'ordre n

$$(1) \qquad \Sigma\Gamma = \varphi\left(\theta, \frac{d\theta}{dt}, \ldots, \frac{d^n\theta}{dt^n}\right).$$

Le but proposé s'exprime en définissant le déplacement θ de l'organe mobile, en fonction du temps, par une équation différentielle d'ordre m

$$(2) \qquad \psi\left(\theta, \frac{d\theta}{dt}, \ldots, \frac{d^m\theta}{dt^m}\right) = f(t),$$

qui est l'équation du mouvement recherché; $f(t)$ étant une fonction continue ou discontinue du temps.

La méthode consiste à asservir les paramètres du système au déplacement θ de l'organe mobile de façon que l'équation du mouvement réel se confonde avec l'équation (2) du mouvement recherché si m est égal ou supérieur à n ou de façon que l'équation du mouvement réel soit de la forme

$$(3) \qquad \psi\left(\theta, \frac{d\theta}{dt}, \ldots, \frac{d^m\theta}{dt^m}, \varepsilon_{m+1}\frac{d^{m+1}\theta}{dt^{m+1}}, \ldots, \varepsilon_n\frac{d^n\theta}{dt^n}\right) = f(t)$$

si m est inférieur à n.

---

[1] *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1029.

$\varepsilon_{m+1}(d^{m+1}\theta/dt^{m+1}), \ldots, \varepsilon_n(d^n\theta/dt^n)$ étant respectivement plus petits, à chaque instant, que des bornes $\zeta_{m+1}, \ldots, \zeta_n$, fixées à l'avance, aussi petites que permettront les possibilités de réalisation de l'appareil pour la fonction $f(t)$ considérée.

L'asservissement est obtenu en appliquant au système, en plus du couple actif ou moteur $\nu f(t)$, un couple supplémentaire ou couple d'asservissement $g(t)$:

$$(4)\quad \begin{cases} g(t)=\varphi\left(\theta, \dfrac{d\theta}{dt}, \ldots, \dfrac{d^n\theta}{dt^n}\right)-\nu\psi\left(\theta, \dfrac{d\theta}{dt}, \ldots, \dfrac{d^m\theta}{dt^m}\right), & \text{si } m \geqq n, \\ g(t)=\varphi\left(\theta, \dfrac{d\theta}{dt}, \ldots, \dfrac{d^n\theta}{dt^n}\right)-\nu\psi\left(\theta, \dfrac{d\theta}{dt}, \ldots, \dfrac{d^m\theta}{dt^m}, \varepsilon_{m+1}\dfrac{d^{m+1}\theta}{dt^{m+1}}, \ldots, \varepsilon_n\dfrac{d^n\theta}{dt^n}\right) & \text{si } m < n, \end{cases}$$

de façon que le mouvement réel de l'organe mobile soit défini par l'équation

$$\Sigma\Gamma = \nu f(t) + g(t),$$

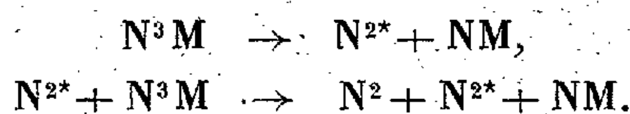
identique à l'équation (2) si m est égal ou supérieur à n et identique à l'équation (3) si m est inférieur à n.

La réalisation du couple (ou de la force) d'asservissement $g(t)$ peut se faire, en général, à partir du déplacement θ de l'équipage mobile; mais, fréquemment, les fonctions φ et ψ sont choisies de façon que le couple d'asservissement puisse être constitué en éliminant le déplacement θ, c'est-à-dire en partant de la vitesse $d\theta/dt$ de déplacement de l'organe mobile.

La méthode est susceptible d'être appliquée à la réalisation d'appareils électromécaniques tels que oscillographes, enregistreurs, transmetteurs à grande vitesse, microphones, haut-parleurs etc., comportant un organe mobile dont le déplacement doit être défini, explicitement ou non, en fonction de la grandeur physique du phénomène à l'action de laquelle les appareils sont soumis.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la cinétique de la décomposition photochimique des solutions aqueuses d'azotures.* Note de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Jacques Duclaux.

R. Audubert et ses collaborateurs ont montré par l'étude des rayonnements U. V. émis que la décomposition d'un azoture métallique N^3M se faisait par l'intermédiaire d'azote activé N^{2*}. Ils ont suggéré le schéma suivant :



$$N^3M \rightarrow N^{2*} + NM,$$
$$N^{2*} + N^3M \rightarrow N^2 + N^{2*} + NM.$$

L'existence de N^{2*} a été mise en évidence par son spectre d'émission dans la thermolyse des azotures solides et dans l'électrolyse, la vie moyenne a même pu être mesurée dans ce dernier cas.

En raison des relations que présentent souvent entre eux les phénomènes d'émission et de décomposition photochimique, j'ai été conduit à étudier la cinétique de la décomposition des azotures en solution sous l'influence des rayons ultraviolets. Dans le cas des azotures alcalins, la décomposition provoque une importante augmentation du pH. Pour voir si cette variation de pH pouvait servir au dosage de l'azoture décomposé, j'ai également suivi la décomposition par voie colorimétrique. Le $FeCl^3$ donne en effet, en présence d'azoture, une coloration rouge variant avec la concentration et se prêtant très bien au dosage. Les résultats obtenus par la mesure du pH, en admettant qu'une molécule d'azoture décomposée détermine l'apparition d'un ion $(\overline{OH})$ en solution, et par la méthode colorimétrique, sont concordants à toutes les concentrations. La mesure du pH permet donc de connaître à chaque instant la quantité d'azoture décomposée. Les expériences ont alors été poursuivies uniquement par cette méthode.

On peut classer les résultats obtenus en trois catégories suivant le domaine de concentration :

1° De 150 à 470 g/litre de N^3Na (saturation), la courbe $pH = f(t)$ a l'allure de la courbe 1 (*fig.* 1). Les valeurs du pH correspondant aux paliers sont

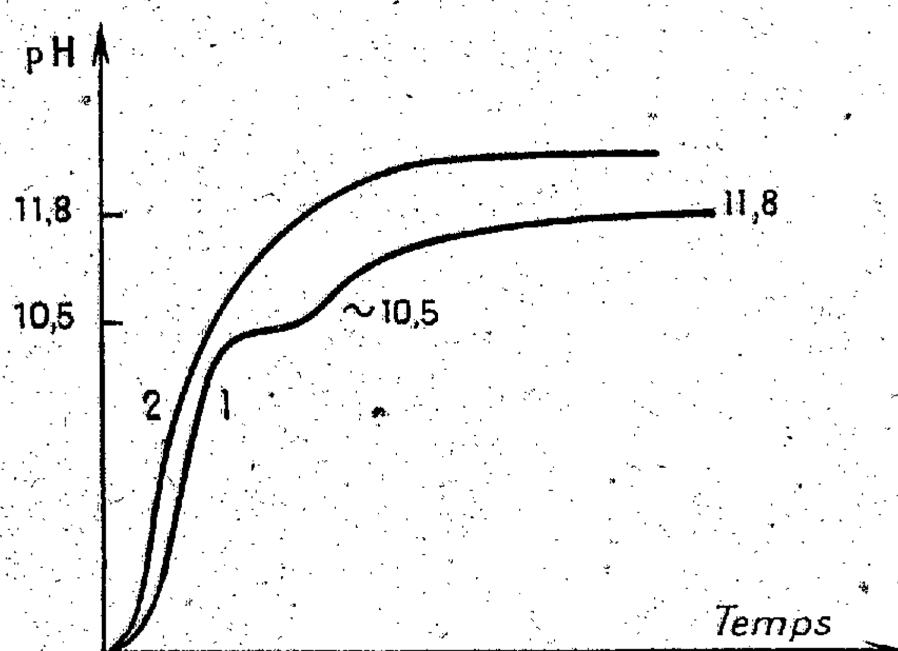


Fig. 1.

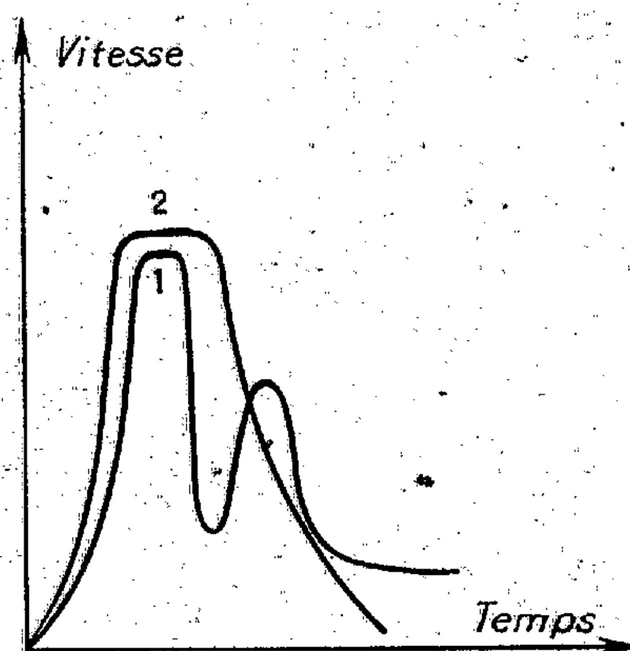


Fig. 2.

sensiblement indépendantes de la concentration et égales respectivement à $10,5 \pm 0,3$ et 11,8. Les courbes de vitesse correspondantes ont l'allure de la courbe 1 (*fig.* 2). Le premier maximum croît quand la concentration augmente, le second varie en sens inverse.

2° De 0,01 N à 2N (130 g/litre), l'allure varie avec la nature des parois de la cuve. On a observé, suivant le cas, deux modes de décomposition.

Premier mode. — Les courbes $pH = f(t)$ et $V = \varphi(t)$ ont la même allure que précédemment. Le premier maximum croît avec la concentration, mais le second passe par un minimum pour une concentration voisine de 6,5 g/litre.

Deuxième mode. — La courbe $pH = f(t)$ a l'allure de la courbe 2 (*fig.* 1)

et $V = \varphi(t)$ a l'allure de la courbe 2 (*fig.* 2). Il n'y a qu'un seul maximum de vitesse qui croît avec la concentration.

Aucune loi simple reliant la vitesse au temps ou à la concentration n'a pu être établie.

3° De N/100 à N/10000, les résultats sont de nouveau indépendants de la cuve. Les mesures qui ont été faites avec N^3Na, N^3Li, N^3K ont donné les mêmes résultats.

Les courbes $pH = f(t)$ ont l'allure de la courbe 2 (*fig.* 1), les courbes $V = \varphi(t)$ ont l'allure de la courbe 2 (*fig.* 2). La hauteur du palier de la courbe $pH = f(t)$ correspond à la décomposition totale de l'azoture. Le maximum de vitesse est très sensiblement proportionnel au carré de la concentration.

Ces résultats montrent que l'action photochimique porte sur l'ion $(\overline{N^3})$. On peut, d'autre part, rendre compte théoriquement de l'allure des courbes de vitesse observées et de la variation du maximum de vitesse avec la concentration en utilisant le schéma proposé au début.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude par l'effet Raman des fluorochloro-, fluorobromo- et fluorochlorobromométhanes.* Note de M[lle] **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les spectres Raman de CF^2Br^2 (1) et de $CFCl^3$ (2) ont déjà été publiés et nous sommes en parfait accord avec les auteurs quant aux fréquences indiquées. Nous avons complété leur étude par la mesure de l'état de dépolarisation des raies.

Nous avons étudié en outre les spectres non décrits de CBr^3F, composé connu et des fluorochlorobromométhanes, qui n'avaient pas encore été préparés. Leur préparation et leurs propriétés seront données ailleurs.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-contre.

Il est intéressant de remarquer que la légèreté de l'atome de fluor entraîne pour tous ces composés une raie faible généralement, et dépolarisée, dont la fréquence est comprise entre 1063 et 1077.

Les spectres de CBr^3F et CCl^3F sont tout à fait comparables et bien conformes au spectre attendu pour une molécule tétraédrique AX^3Y. Les quatre premières raies se présentent dans l'ordre où on les rencontre dans le spectre de CCl^3Br (dépol., pol., dépol., pol.); les deux dernières se classent sans ambiguïté en une raie dépolarisée (la cinquième du spectre) et une polarisée (la sixième), alors que dans les spectres de CCl^3Br et de CBr^3Cl le coefficient de dépolarisation des deux dernières était le même et égal à 0,7.

(1) Glockler et Leader, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 553.
(2) Glockler et Leader, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 278.

Le spectre de CBr^2F^2 est tout à fait comparable à celui de CCl^2Br^2 ([3]). Le premier doublet de ces deux spectres comporte une première raie forte et une seconde plus faible, le coefficient de dépolarisation étant exactement le même pour les deux, alors que l'une seulement devrait être polarisée. Cette anomalie n'existe plus dans le cas des molécules moins symétriques CBr^2ClF et CCl^2BrF, où la raie la plus forte du doublet est toujours celle qui est polarisée.

Fréquences en cm^{-1} (modes de vibration).

Composé.		δ_{12}		δ_{345}			ν_1	ν_{234}		
CBr^4		128		182			268	673		
	ρ	7/8		7/8			0,05	7/8		
	$J = I + i$	4		6			10	M		
CBr^3F		150		218	306		398	743	1069	
	ρ	7/8		0,1	7/8		0,04	7/8	0,42	
	J	14		20	3,3		10	M	f	
CBr^2F^2		165	281	330	340 (δ_3)	367	623	816	1077	1143
	ρ	0,4	0,4	D	0,1	D	0,03	0,7	0,3	D
	J	20	2	f	50	f	10	M	F	f
		δ_1	δ_2	δ_3						
CBr^2FCl		160	195	267	306	340	462	741	790-802	1063
	ρ	0,45	0,8	0,1	0,8	0,35	0,05	0,8	0,7	0,4
	J	10	3,5	20	3,1	2,8	10	M	f	ff
		δ_2	δ_1							
$CBrCl^2F$		203	215	303	334	390	501	779	825	1069
	ρ	0,86	0,6	0,2	0,70	0,75	0,06	0,8	0,88	0,6
	J	4	5,6	9	1,7	1,3	10	M	f	ff
CCl^3F		243		350	397		534	836		1071
	ρ	0,82		0,2	0,82		0,05	0,88		0,60
	J	4,7		3,5	2,6		10	M		f
		δ_{12}		δ_3	δ_{45}		ν_1	ν_{34}		ν_2

Les molécules CBr^2ClF et CCl^2BrF n'ont pas même symétrie que la molécule CBr^2F^2 : ainsi, bien que ces molécules tétraédriques aient un spectre de neuf raies, ces raies ne se correspondent pas toutes.

La théorie prévoit en effet quatre raies polarisées pour les spectres des molécules AX^2Y^2 et six raies polarisées pour ceux des molécules AX^2YZ. Les quatre raies polarisées du spectre de CB^2F^2 ont leur correspondante, identifiable sans ambiguïté, dans les spectres de CBr^2ClF et CCl^2BrF. Les raies faibles δ_4 et δ_5 du spectre de CBr^2F^2 encadrent la raie forte γ_3, disposition également rencontrée pour CBr^2Cl^2. Dans les spectres de CBr^2ClF et CCl^2BrF, ces deux fréquences sont toutes deux supérieures à δ_3. L'une

([3]) M. L. Delwaulle et F. François, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 266.

d'elles étant nettement polarisée dans le spectre de CBr^2ClF, il devrait donc en être de même dans celui de CCl^2BrF. Une autre raie des deux spectres de CCl^2BrF et CBr^2ClF devrait être également polarisée : nos mesures ne permettent pas de l'identifier.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la théorie des déformations plastiques des monocristaux.* Note de MM. **Pierre Laurent** et **Jacques Valleur**, présentée par M. Léon Guillet.

L'expérience a montré que les déformations plastiques des monocristaux se produisaient par glissement le long de plans cristallographiquement définis pour des cisaillements de 1000 à 10000 fois plus faibles que les cisaillements théoriques de rupture. Les travaux de divers auteurs [Smekal, Taylor, Becker, Orowan, Burgers (¹), Köchendorfer (²)...] ont conduit à considérer le glissement plastique comme le résultat de la propagation, sous l'effet du cisaillement extérieur, d'un défaut local. Ce défaut local, que l'on appelle un accrochage, serait dû à un atome occupant dans le réseau cristallin une position anormale; il prendrait naissance, par suite de l'agitation thermique, à la limite des blocs-mosaïque du cristal, où existerait une concentration d'efforts analogue à celle que l'on observe au fond des entailles. S'appuyant sur la statistique de Bolzmann, Becker a montré que la vitesse de glissement plastique u était liée au cisaillement σ agissant dans le plan de glissement par la formule

$$u = A e^{-\frac{B}{KT}\left(1-\frac{\sigma}{\sigma_1}\right)^2}, \tag{1}$$

où A, B, σ_1 sont des constantes du corps, indépendantes de la température absolue T, et où K est la constante de Boltzmann.

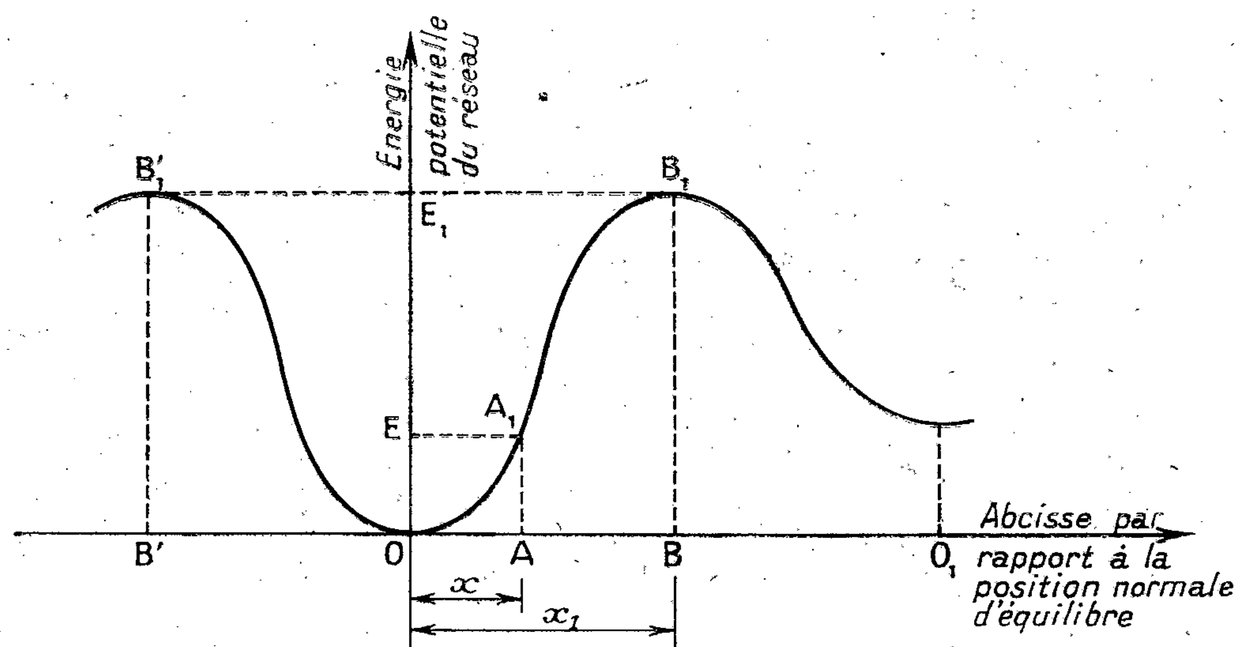
Cette formule admet implicitement que les atomes vibrent comme un oscillateur harmonique dont l'énergie est proportionnelle au carré de l'amplitude. Si cette hypothèse est admissible quand on considère l'ensemble des atomes, elle ne l'est plus dans la théorie de la plasticité dans laquelle on considère les vibrations d'atomes d'énergie anormale; d'autre part, comme nous le verrons par la suite, le coefficient A dépend en réalité de la température T. La théorie de Becker a permis à Orowan de retrouver la variation du cisaillement critique (limite élastique) avec T, et à Köchendorfer les modifications de la forme des courbes de consolidation (courbe cisaillement-glissement plastiques) en fonction de T; mais elle n'a pas donné l'explication des résultats de Chalmers

(¹) *Elastizität, Plastizität u. Struktur der Materie*, Chap. V, par Houwink, Dresden, 1938.

(²) *Plastische Eigensch. von Krist. u. metall. Werk.*, Springer, 1941.

sur les variations du cisaillement critique avec la vitesse de l'essai. Il nous a donc semblé intéressant de reprendre cette théorie à la base.

Soit un atome dont la position l'équilibre stable est O; si un accrochage se forme, cet atome viendra en O_1, où il sera encore dans une position d'équilibre stable. Dans chacune de ces positions, l'énergie potentielle présente un minimum relatif; donc en fonction de l'abscisse x de l'atome sur la droite OO_1 on peut représenter cette énergie potentielle par une courbe telle que celle de la figure; cette courbe doit avoir un maximum entre O et O_1, soit $x_1 = OB$



la position de ce maximum. Négligeons provisoirement l'agitation thermique. Si l'on exerce dans la direction OO_1 un cisaillement σ, l'atome O se déplace d'une quantité OA proportionnelle à σ (loi de Hooke), l'énergie du réseau est alors $AA_1 = E$. Si σ_1 est le cisaillement nécessaire pour amener l'atome en B_1 sous l'action de σ_1, l'accrochage naîtra sous le simple effet de la force extérieure. Envisageons maintenant l'effet des vibrations thermiques. La position d'équilibre de l'atome étant A, si des vibrations thermiques peuvent l'amener au moins en B, l'accrochage naîtra sous l'effet combiné des forces extérieures et de l'agitation thermique. La condition pour que, pendant l'instant compris entre t et $t + dt$, naisse un accrochage, est que les vibrations thermiques de l'atome aient une énergie supérieure ou égale à $BB_1 - AA_1$ pendant ce même instant. Comme nous ne connaissons pas la forme de la courbe OA_1B_1, posons en première approximation, comme l'a fait Köchendorfer,

$$(2) \qquad E = \frac{E_1}{2}\left(1 - \cos\pi\frac{x}{x_1}\right),$$

mais en admettant la validité de la loi de Hooke entre O et B $x/x_1 = \sigma/\sigma_1$, d'où

$$(3) \qquad E = \frac{E_1}{2}\left(1 - \cos\pi\frac{\sigma}{\sigma_1}\right).$$

Pour qu'un accrochage se produise, il faut qu'à l'instant considéré l'atome

ait au moins l'énergie E_n

(4) $$E_n = E_1 - \frac{E_1}{2}\left(1 - \cos\pi\frac{\sigma}{\sigma_1}\right) = E_1\left(1 - \sin^2\frac{\pi}{2}\frac{\sigma}{\sigma_1}\right).$$

L'oscillateur, qui constitue l'atome vibrant, possède une énergie, d'après la mécanique quantique, égale à

(5) $$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)h\nu,$$

où n est un nombre entier, h la constante de Planck, ν la fréquence des vibrations de l'atome. Considérons en première approximation, comme dans la théorie d'Einstein, que ν a la même valeur pour tous les atomes du cristal. D'après la statistique de Bolzmann la probabilité P_n pour que l'énergie de l'oscillateur devienne, pendant l'instant dt, égale à $(n+1/2)h\nu$, est proportionnelle à

(6) $$P_n = \beta e^{-\frac{(n+\frac{1}{2})h\nu}{KT}},$$

où T est la température absolue, K la constante de Boltzmann; la constante β est définie par la condition

(7) $$\sum_{n=0}^{n=\infty} P_n = \sum_{n=0}^{n=\infty} \beta e^{-\frac{(n+\frac{1}{2})h\nu}{KT}} = 1,$$

ce qui donne

(8) $$\beta = \left(1 - e^{-\frac{h\nu}{KT}}\right)e^{\frac{h\nu}{2KT}}.$$

Posons $h\nu/K = \Theta$, Θ est la température caractéristique d'Einstein. La probabilité pour que l'énergie de l'oscillateur devienne, pendant l'instant dt, supérieure ou égale à $(n + 1/2)h\nu$ est proportionnelle à

(9) $$P_n^1 = \sum_n^{\infty} \beta e^{-\frac{(n+\frac{1}{2})h\nu}{KT}} = e^{\frac{\Theta}{2T}} e^{-\frac{E_n}{KT}}.$$

La probabilité de formation d'un accrochage dans le sens du cisaillement (accrochage direct) est par suite

(10) $$P_d = e^{\frac{\Theta}{2T}} e^{-\frac{E_1}{KT}\left(1 - \sin^2\frac{\pi}{2}\frac{\sigma}{\sigma_1}\right)}.$$

Mais, si, sous l'action des vibrations l'atome vient en B' au lieu de B, un accrochage peut se produire en sens inverse du cisaillement extérieur (accrochage indirect); on verrait par le même raisonnement que la probabilité de sa formation pendant l'instant dt est proportionnelle à

(11) $$P_i = e^{\frac{\Theta}{2T}} e^{-\frac{E_1}{KT}\left(1 + \sin^2\frac{\pi}{2}\frac{\sigma}{\sigma_1}\right)}.$$

Quand un accrochage se propage dans le cristal, il crée un glissement plastique égal à une maille λ du réseau; Templor a montré qu'accrochages directs et indirects se déplaçaient en sens inverse; par suite, la vitesse de glissement peut être posée égale à

$$u = \alpha_1 \lambda (P_d - P_i),$$

α_1 étant une constante dépendant uniquement de la nature du réseau, ou

$$(12) \qquad u = 2\alpha_1 \lambda e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\Theta}{2} - \frac{E_1}{K}\right)} Sh \frac{E_1}{KT}\left(\sin^2 \frac{\pi}{2} \frac{\sigma}{\sigma_1}\right).$$

Il n'est pas possible de développer ici les applications de cette formule. Elle donne pour les variations du cisaillement critique et de la forme des courbes de consolidation des résultats voisins de ceux de la théorie de Köchendorfer, sauf aux basses températures, où l'on trouve que même au zéro absolu subsiste une plasticité appréciable, fait déjà prévu par Ekstein ([3]). Cette théorie donne pour la variation du cisaillement critique avec la vitesse d'essai des résultats conformes à l'expérience et permet d'expliquer en particulier le microfluage de Chalmers. Il nous a été, d'autre part, possible d'étudier la régénération à température constante, les lois du fluage à température et charge constantes, de montrer la possibilité pour les monocristaux en tension homogène d'un effet Bauschinger et de phénomènes de réactivité.

MINÉRALOGIE. — *Recherche d'éléments rares dans quelques minéraux du calcium.* Note de MM. **Jean Orcel** et **Marcel Servigne**.

Le procédé d'analyse par luminescence, publié par l'un de nous ([1]), a été appliqué à la recherche des terres rares dans différents minéraux du calcium, provenant de gisements divers et choisis parmi des types qui n'avaient pas encore été étudiés du présent point de vue.

I. *Powellite.* — L'échantillon utilisé a été puisé dans la Collection du Muséum. Il provient des conglomérats de la mine de South Hecla et Calumet (Michigan) qui fait partie des gisements de cuivre du Lac supérieur ([2]). La powellite y est associée à de la calcite, en cristaux à larges clivages, à de l'épidote en agrégats de petits cristaux vert d'herbe, et à quelques globules de cuivre natif partiellement transformés en azurite pulvérulente. Elle se présente

---

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1098.

([1]) M. Servigne, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 863; *Bull. Soc. franç. Minér.*, 52, 1939, p. 262.

([2]) G. A. Koenig et L. Hubbard, *Am. Journ. of Sc.*, 3d ser., 46, 1893, pp. 356-358; B. S. Butler et W. S. Burbank, *U. S. Geol. Surv., Prof. Paper* 144, 1929.

en groupe d'octaèdres quadratiques vert bleuâtre pâle, dont les dimensions ne dépassent pas 1 ou 2^{mm}. Par triage à la pince, on peut les isoler facilement des minéraux englobants. Ils ont été ensuite broyés finement et soumis à l'excitation directe d'une décharge luminescente dans la vapeur de mercure à basse pression. Le spectre d'émission du molybdate de calcium naturel a pu être fixé en quelques minutes au moyen d'un spectrographe lumineux ouvert à $f/4$, avant que les radiations ultraviolettes de courte longueur d'onde n'amorcent la décomposition photochimique de la substance. Une nouvelle portion de l'échantillon a été incorporée ensuite à un poids égal de tungstate normal de calcium pur, et le mélange des deux composés isomorphes fondu dans un creuset de quartz. Les cristaux mixtes obtenus après refroidissement constituent un milieu diluant d'élection pour les luminogènes que sont les terres rares. Ils ont l'avantage d'être beaucoup moins photo-sensibles que le molybdate de calcium pur, et permettent des poses spectrographiques plus prolongées.

Les spectres obtenus dans le visible, avec des plaques Ilford hypersensitives, ne laissent paraître aucune raie ou bande nettement imputable à une terre rare connue. *La powellite examinée ne peut donc renfermer que moins de un dix-millionième des terres rares accessibles au procédé d'analyse adopté.* L'étude du spectre d'arc de la même substance avait déjà démontré l'absence en quantité notable des éléments recherchés. Cependant cette étude a mis en évidence six raies propres au *germanium*, indiquant une proportion de l'ordre du cent-millième; ce dernier résultat a été confirmé par M. J. Bardet. L'ensemble des opérations précédentes n'a nécessité que 0^{g},050 de matière.

II. *Calcites et aragonites.* — L'étude spectrographique est précédée d'un traitement du minéral par chauffage à 1000°C., pendant deux heures, avec une quantité convenable d'acide tungstique pur. Le tungstate normal de calcium obtenu devient fortement luminescent et l'étude de son spectre d'émission vers 80° est favorable à la recherche des terres rares. C'est ainsi que, dans la calcite du gîte plombo-zincifère de Joplin (Missouri), en plus du néodyme déjà signalé ([3]), la méthode fait apparaître quelques terres cériques, parmi lesquelles l'oxyde de *praséodyme* et celui de *samarium*, avec une intensité correspondant à une proportion de l'ordre du cent-millième. De nombreuses autres calcites, formées la plupart dans des conditions superficielles, n'ont rien donné de positif.

D'autre part, au sujet des aragonites, nous signalerons des traces de terres rares dans une aragonite en grands cristaux bacillaires trouvée dans les anfractuosités des basaltes de Loom-Bay (Ile Kerguelen); des terres cériques, et principalement les oxydes de praséodyme et de samarium dans deux aragonites d'Espagne (Molina, Aragon).

([3]) W. P. Headden, *Am. Journ. of Sc.*, 5e ser, 8, 1924, pp. 509.

Conclusion. — Les points suivants sont à souligner parmi les résultats obtenus : 1° la grande pureté d'une powellite. Ce minéral peut dès lors être rapproché des nombreux molybdates naturels analysés jusqu'ici, souvent privés de terres rares ([4]), ainsi que de certaines scheelites à teneur élevée en molybdène, également pures à cet égard ([1]). Toutefois on doit noter qu'il existe d'autres scheelites molybdènifères riches en terres rares ([1]); 2° la présence du germanium à l'état dispersé dans ce minéral est à rapprocher de la présence de traces de molybdène dans la germanite de certains gîtes de cuivre ([5]), ce qui confirme les rôles géochimiques comparables joués par le germanium et le molybdène; 3° partout où des métaux de la série des terres rares ont été mis en évidence, on a noté l'absence de terres yttriques pour lesquelles la méthode d'analyse employée se montre cependant très sensible. Enfin la dispersion des terres cériques paraît fréquente dans les minéraux de gîtes hydrothermaux d'origines diverses. Elle semble par contre très restreinte dans les gîtes dus à des phénomènes superficiels.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

L. B.

([4]) Gmelin, *Handbuch der anorg. Chem.*, 39, 1938, p. 31.
([5]) H. Moritz, *N. Jahrb. f. Min.*, Beil. 67A, 1933, p. 130-134.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'avril 1942.

Les travaux et les jours. *Biologie des Abeilles*, par Maurice Caullery, avec la collaboration de P. Grassé, L. Berland, P. Grenier, Germaine Cousin, M. Mathis, E. Roubaud. Paris, Presses universitaires de France, 1942; 1 vol. 19^{cm}.

Que sais-je? *L'Agriculture coloniale*, par Auguste Chevalier. Paris, Presses universitaires de France, 1942; 1 vol. $17^{cm},5$.

Rapport annuel sur l'état de Paris pour l'année 1938; *pour l'année* 1939, par Ernest Esclangon. Paris, Imprimerie Nationale, 1940 et 1941; 2 fasc. 27^{cm}.

Commémoration de l'œuvre d'André-Eugène Blondel. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol, 24^{cm}.

Actualités scientifiques et industrielles. 904. *Mesures.* Tome I. *Introduction à l'art de la mesure*, par G. A. Boutry. Paris, Hermann et Cie, 1942; 1 vol. $25^{cm},5$ (présenté par M. A. Cotton).

Note bibliographique sur la collection des Meddelelser our Grönland, par EMMANUEL DE MARGERIE. Extrait du *Bulletin de la Section de géographie* du Comité des travaux historiques et scientifiques. Paris, Imprimerie Nationale, 1941; 1 fasc. 23cm.

Comptes rendus de quelques ouvrages présentés en 1940 *à la Section de géographie* du Comité des travaux historiques et scientifiques, par EMMANUEL DE MARGERIE. Extrait du *Bulletin de la Section de géographie* du Comité des travaux historiques et scientifiques. Paris, Imprimerie Nationale, 1941; 1 fasc. 23cm.

Publications scientifiques et techniques du Secrétariat d'État à l'Aviation. *Étude du coefficient polytropique de détente dans un moteur à explosion,* par MAX SERRUYS. Paris, Ed. Blondel La Rougery et Gauthier-Villars, 1941; 1 vol. 27cm (présenté par M. L. Guillet).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 MAI 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS.

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 27 mai au lieu du lundi 25.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 212 (janvier-juin 1941) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Charles Jacob** fait hommage à l'Académie de trois brochures dont il est l'auteur :

Le métier de géologue. Domaines et applications, avec des indications bibliographiques. Paris, 1942, 80 pages;

Recherches scientifiques et Colonies (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences coloniales,* 21 novembre 1941, pp. 328-343);

Recherches scientifiques et Agriculture (*Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France,* 4 mars 1942, pp. 278-292).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences forestières, tome VII, fascicule 2, 1940;

Annales de l'École Nationale Forestière et de la Station de Recherches, tome VIII, fascicule 1, 1941.

GÉOMÉTRIE DES ENSEMBLES PLANS. — *Isométrie et roulement sans glissement.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Élie Cartan.

Roulement sans glissement. — Un mouvement est qualifié de roulement sans glissement quand on peut choisir les familles des demi-droites (1) d, δ de telle sorte que : 1° les lieux de leurs extrémités respectives a, α dans P et Π sont deux ensembles isométriques; 2° pour M' assez voisin de M, on a

$$-\varepsilon < \left(\widehat{\overrightarrow{aa'}, d}\right) - \left(\widehat{\overrightarrow{\alpha\alpha'}, d}\right) < \varepsilon.$$

(1) Pour les notations, se reporter à la Note précédente (*Comptes rendus*, 4 mai 1942).

Lorsque, pour tout point M, il y a des points M′ voisins de M tels que a' et α' soient distincts de a et α, le mouvement est bien défini par la seule donnée des lieux de a et α. Ces ensembles s'appellent respectivement *base* et *roulante*.

Inversement, deux ensembles isométriques paramétrés par T peuvent être considérés comme base et roulante d'un mouvement; *ce mouvement est unique si ces ensembles sont localement parfaits*.

Tout mouvement n'est pas un roulement sans glissement; de même, tout ensemble fermé ne peut pas être considéré comme base possible d'un mouvement convenable.

Définition. — Pour un point M de (T), le *centre instantané de rotation* (ou c. i. r.) est la limite, si elle existe, du centre de rotation qui fait passer de la position de Π relative à M, à la position de Π relative aux points M′ voisins de M.

THÉORÈME. — *La condition nécessaire et suffisante pour que la base et la roulante d'un mouvement soient lieux des c. i. r. est que pour tout point* M *de* (T), $(a'\alpha'/\Delta\varphi)$ *tende vers zéro avec* MM′.

On suppose dans l'énoncé que les images a et α de M coïncident, ainsi que les repères attachés à ces images; a' et α' sont les images de M′, $\Delta\varphi$ est l'angle des repères homologues attachés à a' et α'.

Un tel couple *base et roulante* est évidemment unique, s'il existe.

On supposera maintenant que le mouvement est *normal*, c'est-à-dire que T est homéomorphe à un segment de droite. La base et la roulante sont des continus jordaniens. Inversement, *tout continu jordanien paramétré peut être considéré comme la base d'un mouvement normal.*

THÉORÈME. — *Tout mouvement normal dans lequel deux points au moins du plan mobile décrivent des chemins de longueur finie est un roulement sans glissement.*

Il y a une infinité de bases possibles, entre autres des arcs simples de Jordan; mais une au plus de ces bases peut avoir une longueur finie.

Si un mouvement normal possède à chaque instant un c. i. r., *ses lieux respectifs dans* P *et* Π *ne sont pas forcément base et roulante pour le mouvement;* car on peut montrer sur un exemple que la condition 1° d'isométrie peut ne pas être sasisfaite.

Il faut donc dissocier en général la notion de c. i. r. et celle de roulement sans glissement.

Néanmoins, *tout continu jordanien paramétré peut être considéré à la fois comme base et lieu des c. i. r. d'un mouvement convenable.*

Remarque. — Nous avons démontré l'existence d'une base pour un mouvement normal en nous basant sur la remarque suivante : Si $f(M)$ est une fonction numérique définie sur un ensemble fermé plan E de longueur finie, continue relativement à E et ayant une dérivée [limite de $[f(M)-f(M')]/MM'$] nulle en tout point de E′, l'ensemble des valeurs prises par $f(M)$ sur E a une mesure nulle; donc, si l'on suppose que cet ensemble de valeurs forme un

segment, $f(M)$ est forcément constante sur E. Mais ceci peut devenir faux si E a une longueur infinie. *Entre autres exemples, nous avons construit dans le plan un arc simple de Jordan γ sur lequel est définie une fonction numérique continue, croissant avec le paramètre qui repère les points de γ, et dont la dérivée est nulle en tout point de γ.*

Application géométrique. — En nous inspirant de cette étude, nous avons obtenu toutes les courbes de Jordan dans lesquelles on peut inscrire un *polygone régulier donné* dont les sommets peuvent se déplacer continûment sur toute la courbe sans que le polygone cesse d'être inscrit. *On trouve en particulier une infinité de courbes algébriques convexes de degré arbitrairement élevé.*

On peut trouver aussi des continus (non de Jordan) qui jouissent de la même propriété relativement aux polygones réguliers ou à des polygones plus généraux et déformables.

TOPOLOGIE. — *L'homologie d'un espace topologique.* Note (¹) de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

L'objet de cette Note est d'étudier l'homologie d'un espace topologique au moyen de la notion de couverture (²); je ne dispose malheureusement pas des documents qui me permettraient de comparer mon étude à celles que MM. Alexander et Kolmogoroff ont faites de l'homologie supérieure.

1. Envisageons un espace topologique E. Soient Z^p et Z'^p deux cycles de deux couvertures C et C′ de E; Z^p et Z'^p seront dits *homologues dans* E lorsqu'il existera une couverture C″ telle que Z^p et Z'^p soient homologues dans C.C′.C″. Cette homologie dans E répartit les cycles des couvertures de E en classes d'homologie, que nous nommerons classes d'homologie supérieure de E. L'intersection de deux telles classes, contenant l'une Z^p, l'autre Z'^q, sera la classe de dimension $p+q$ qui contient $Z^p.Z'^q$; ces classes constituent ainsi un anneau, dit *anneau d'homologie supérieure* de E.

Remarque. — Lorsque E est un espace de Hausdorff normal, on n'altère pas la structure de cet anneau en remplaçant dans la définition des couvertures la condition « tout support est fermé » par la condition « tout support est ouvert ».

L'intersection d'une classe Z^q de l'anneau d'homologie supérieure de E *et d'une classe z_r du groupe d'homologie continue de* E *est une classe de dimension $r-q$ de ce dernier groupe,* en vertu de la proposition qui termine la Note citée; cette classe d'homologie continue sera nommée $Z^q.z_r$. On a

$$Z^p.Z^q=(-1)^{pq}Z^q.Z^p;\quad Z^p.(Z^q.z_r)=(Z^p.Z^q).z_r;\quad z^q.z_r=0\quad \text{si}\quad q>r.$$

Produit topologique E × E′ *de deux espaces* E et E′. — En définissant préalablement la couverture produit de deux couvertures, on définit aisément le

(¹) Séance du 4 mai 1942.
(²) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 781.

produit $Z^p \times Z'^q$ de deux classes d'homologie supérieure de E et E′ comme étant une classe, de dimension $p+q$, de l'homologie supérieure de $E \times E'$; on a

$$(1) \qquad (Z^p \times Z'^q).(Z^r \times Z'^s) = (-1)^{qr}(Z^p.Z^r) \times (Z'^q.Z'^s),$$

$$(2) \qquad (Z^p \times Z'^q).(z_r \times z'_s) = (-1)^{qr}(Z^p.z_r) \times (Z'^q.z'_s).$$

Une transformation continue φ *d'un espace topologique* E *dans un espace topologique* E′ définit un homomorphisme $\varphi(z_p)$ du groupe d'homologie continue de E dans celui de E′; son inverse $\overset{-1}{\varphi}$ définit un homomorphisme $\overset{-1}{\varphi}(Z'^p)$ de l'anneau d'homologie supérieure de E′ dans celui de E;

$$(3) \qquad \overset{-1}{\varphi}(Z'^p.Z'^q) = \overset{-1}{\varphi}(Z'^p).\overset{-1}{\varphi}(Z'^q);$$

$$(4) \qquad \varphi\big(\overset{-1}{\varphi}(Z'^q).z_r\big) = Z'^q.\varphi(z_r).$$

2. Un espace topologique sera dit *strictement connexe* quand deux quelconques de ses points pourront être joints par un arc continu; *simple* quand, en outre tous ses groupes d'homologie continue de dimensions positives seront nuls. Désormais E *sera un espace de Hausdorff, bicompact et connexe, qui possédera un système de voisinages convexes* (c'est-à-dire tels que l'intersection d'un nombre fini d'entre eux soit toujours vide ou simple). On peut alors construire une couverture C de E dont chaque simplexe $S^{p,\lambda}$ appartienne à l'un de ces voisinages convexes; puis un complexe continu possédant une subdivision c duale de C, chaque simplexe $s_{p,\lambda}$ de c appartenant à un certain voisinage de $|S^{p,\lambda}|$. Les groupes d'homologie supérieure et continue de E sont identiques aux groupes d'homologie de C et c. Désormais les coefficients de ces groupes seront les entiers, les homologies étant avec division; sauf dans le théorème de M. H. Hopf, ces coefficients pourront aussi être les entiers pris mod. un nombre premier. On peut alors introduire dans les groupes d'homologie supérieure et continue de E des *bases duales*, $Z^{p,\mu}$ et $z_{p,\mu}$, telles que

$$(5) \qquad \sum_{p,\lambda} S^{p,\lambda} \times s_{p,\lambda} \sim \sum_{p,\mu} Z^{p,\mu} \times z_{p,\mu};$$

$$(6) \qquad Z^{p,\mu}.z_{p,\nu} = (-1)^p \delta^\mu_\nu z_0$$

(z_0 : classe des points de E; $\delta^\mu_\mu = 1$; $\delta^\mu_\nu = 0$ si $\mu \neq \nu$).

Si E et E′ ont pour bases duales $Z^{p,\mu}$, $z_{p,\mu}$ et $Z'^{q,\nu}$, $z'_{q,\nu}$, alors $Z^{p,\mu} \times Z'^{q,\nu}$ et $z'_{q,\nu} \times z_{p,\mu}$ seront deux bases duales de $E \times E'$.

Soient E′ et E″ deux espaces homéomorphes à E, dont les points correspondant au point x de E sont x' et x''; soit $\pi(x) = x' \times x''$; (4) et (6) prouvent qu'on a les mêmes coefficients a dans les deux formules

$$\overset{-1}{\pi}(Z'^{p,\mu} \times Z''^{q,\nu}) = Z^{p,\mu}.Z^{q,\nu} = \sum_{\rho} a^{p,\mu;q,\nu}_{p+q,\rho} Z^{p+q,\rho},$$

$$\pi(z_{r,\rho}) = \sum_{\mu,\nu,p+q=r} a^{p,\mu;q,\nu}_{r,\rho} z'_{p,\mu} \times z''_{q,\nu}.$$

Si le groupe d'homologie supérieure de E contient un élément Z^N multiple de tous les éléments de base de ce groupe, alors les groupes d'homologie supérieure et continue de E sont isomorphes : à Z^p correspond une classe bien déterminée z_{N-p}, qui sera désignée par le symbole Z^p/Z^N ;

$$\frac{Z^N}{Z^N} = z_0; \quad Z^p.\left(\frac{Z^q}{Z^N}\right) = \left(\frac{Z^p.Z^q}{Z^N}\right); \quad \varphi\left[\frac{\overset{-1}{\varphi}(Z^p)}{\overset{-1}{\varphi}(Z^N)}\right] = \frac{Z^p}{Z^N}.$$

Citons enfin un beau *théorème de M. H. Hopf* (³). L'existence d'une transformation continue $\varphi(x' \times x'')$ de $E \times E$ dans E telle que

$$\varphi(z'_p \times z''_0) \neq 0 \quad \text{et} \quad \varphi(z'_0 \times z''_p) \neq 0 \quad \text{quand} \quad z'_p \neq 0 \quad \text{et} \quad z''_p \neq 0$$

exige que E ait même homologie qu'un produit de sphères de dimensions impaires.

MÉCANIQUE. — *Système d'entretien à amplitude autostabilisée.* Note de M. **Jean Abelé**, présentée par M. Camille Gutton.

Considérons une classe d'oscillateurs autoentretenus régis par le système d'équations

$$(1) \qquad x\,dx + y\,dy + 2Ry\,dx = 0,$$

$$(2) \qquad \omega y = \frac{dx}{dt}.$$

Lorsque R *est fonction de x seulement ou de y seulement*, l'équation (1) peut être intégrée graphiquement au moyen d'une élégante construction indiquée par M. A. Liénard (¹). Je propose de désigner en ce cas l'équation (1) sous le nom d'*équation de Liénard*.

L'équation de Liénard est caractérisée par la périodicité de la fonction R, dans les conditions où les variables x et y sont elles-mêmes périodiques. Or, il est possible de retirer à la fonction R ce caractère de périodicité et de l'assujettir à suivre les variations, non plus des variables oscillatoires x ou y, mais de l'*amplitude* de ces variables, en vue de stabiliser cette amplitude par l'effet de ses propres variations en conservant à l'oscillation sa forme rigoureusement sinusoïdale et sa fréquence propre.

Il devient alors nécessaire de généraliser l'équation de Liénard par la substitution d'une *fonction simultanée de x et de y* aux fonctions séparées de x ou de y.

L'étude de cette généralisation m'a conduit aux résultats suivants.

I. Une condition *nécessaire* pour que le système des équations (1) et (2)

(³) *Annals of Math.*, **42**, 1942, p. 22. La démonstration de M. Hopf, faite dans le cas des multiplicités fermées et orientables, s'applique au cas beaucoup plus général des espaces de Hausdorff bicompacts, possédant un système de voisinages convexes.

(¹) *Revue Générale de l'Électricité*, **23**, 1928, p. 901.

admette un régime stationnaire à la fois sinusoïdal et stable est que R soit une fonction continue s'annulant sur le cercle $x^2+y^2=A^2$.

II. L'expression

$$+\sqrt{x^2+2Rxy+y^2}$$

est égale à $|x|$ pour toutes les valeurs de t qui rendent x maximum ou minimum et elle est égale à $|y|$ pour toutes les valeurs de t qui rendent y maximum ou minimum. En conséquence je désigne cette expression sous le nom d'*amplitude instantanée* des variables x et y.

III. Une condition *suffisante* pour que le système des équations (1) et (2) admette un régime stationnaire à la fois sinusoïdal et stable s'obtient en posant

$$R=-a+b\sqrt{x^2+2Rxy+y^2} \quad (0<a<1;\ 0<b). \tag{3}$$

Je dis alors que l'*amplitude est autostabilisée* et je forme l'équation d'un oscillateur à amplitude autostabilisée en éliminant R entre (1) et (3).

IV. Si l'on rapporte x et y à un système cartésien d'axes obliques *à obliquité variable* défini par $\cos\widehat{Oxy}=\sin\alpha=R$, le module ρ du vecteur construit sur x et y *est égal à l'amplitude instantanée*. L'équation d'un oscillateur à amplitude autostabilisée se simplifie alors par le changement de variables

$$x=\rho\frac{\sin(\theta-\alpha)}{\cos\alpha}, \qquad y=\rho\frac{\cos\theta}{\cos\alpha} \tag{4}$$

et devient

$$\frac{\rho}{\rho'}=\frac{\cos^3\alpha-(a+\sin\alpha)\sin\theta\cos\theta}{\cos^2\alpha(a-b\rho)}. \tag{5}$$

Le même changement de variables appliqué à l'équation (2) fournit une relation entre $d\theta$ et dt. La discussion de ces équations confirme que l'oscillateur dont elles expriment le fonctionnement admet un régime stationnaire à la fois sinusoïdal et stable, l'amplitude de ce régime étant donnée par $A=a/b$.

V. Désignons par $\varepsilon=(\rho-A)/A$ l'*écart relatif d'amplitude*. Si, à la suite d'une perturbation des conditions initiales ou d'une variation des paramètres d'entretien, ε passe d'une valeur nulle à une valeur petite ε_0, le retour de ε à zéro se fait conformément à la loi suivante, au cas où a est lui-même petit

$$\varepsilon=\frac{\varepsilon_0 e^{-a\theta}}{1+\varepsilon_0(1-e^{-a\theta})}. \tag{6}$$

Ce retour entraîne, par rapport à la marche en régime stationnaire, une variation totale de phase φ donnée par l'équation suivante

$$\varphi=\frac{a}{2}\left(\varepsilon_0+\frac{\varepsilon_0^2}{2}\right). \tag{7}$$

Les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fragilité intergranulaire des aciers non corroyés.* Note de MM. **Henri Jolivet** et **Albert Portevin**, présentée par M. Léon Guillet.

Certains phénomènes de fragilité observés dans les aciers non corroyés s'accompagnent d'un mode de rupture particulier. La rupture s'effectue suivant le trajet des joints de la granulation austénitique qui a pris naissance après coulée.

Cette fragilité persiste généralement après des chauffages répétés au-dessus du point de transformation Ac3 qui donnent naissance à de nouvelles granulations austénitiques et à une redistribution des constituants micrographiques sans rapport avec la granulation austénitique initiale ([1]).

Ces ruptures ont été attribuées à la ségrégation dendritique qui se développe à la solidification (ségrégation primaire).

Lorsque la solidification s'opère dans la phase γ, les grains austénitiques sont les grains de première solidification et correspondent effectivement aux dendrites (*fig.* 1 et 2). Lorsqu'elle s'opère dans la phase δ, les grains austénitiques, qui ont pris naissance par la transformation, sont entièrement distincts des dendrites (*fig.* 3 et 4) ([2]).

Nous avons observé que, dans ce cas, le trajet de rupture se localise, non aux limites des dendrites, mais aux limites des grains austénitiques : la fragilité observée ne peut donc être rattachée à la ségrégation dendritique.

Nous avons observé d'autre part que, lorsque cette fragilité se manifeste, on peut mettre en évidence par des procédés d'attaque macrographiques (*fig.* 5) ou micrographiques (*fig.* 6) l'existence d'une ségrégation aux joints des grains austénitiques (ségrégation secondaire).

Celle-ci se traduit par une variation de concentration des éléments dissous qui peut conduire au dépôt de films intergranulaires constitués soit par des carbures, soit par des phases non métalliques. La mise en solution progressive de ces dépôts par diffusion, qui entraîne la disparition de la fragilité, nécessite, dans ce dernier cas, une température et une durée de séjour élevées ([3]).

Les traitements d'homogénéisation ont essentiellement pour but, dans les aciers *non corroyés*, de réaliser la disparition de cette ségrégation *secondaire*, alors qu'un autre effet de ces traitements, mis à profit dans les aciers *forgés*, est d'atténuer la ségrégation *primaire*, origine de la différence des propriétés en long et en travers.

([1]) V. Bernard et A. Portevin, *Rev. Mét., Mémoires*, **12**, 1915, p. 155.

([2]) Cette non-concordance, observée par divers auteurs, doit essentiellement être rattachée à la transformation allotropique et non à l'existence d'un domaine de granulation dans la phase austénitique.

([3]) Le même résultat est obtenu par un corroyage suffisant (Portevin, Pretet et Jolivet, *Rev. Mét., Mémoires*, **28**, 1931, p. 132).

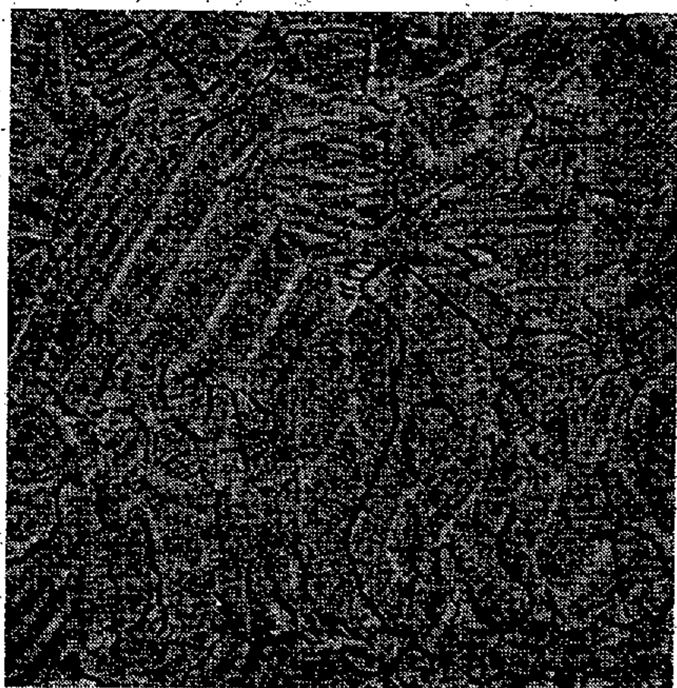


Fig. 1.



Fig. 2.

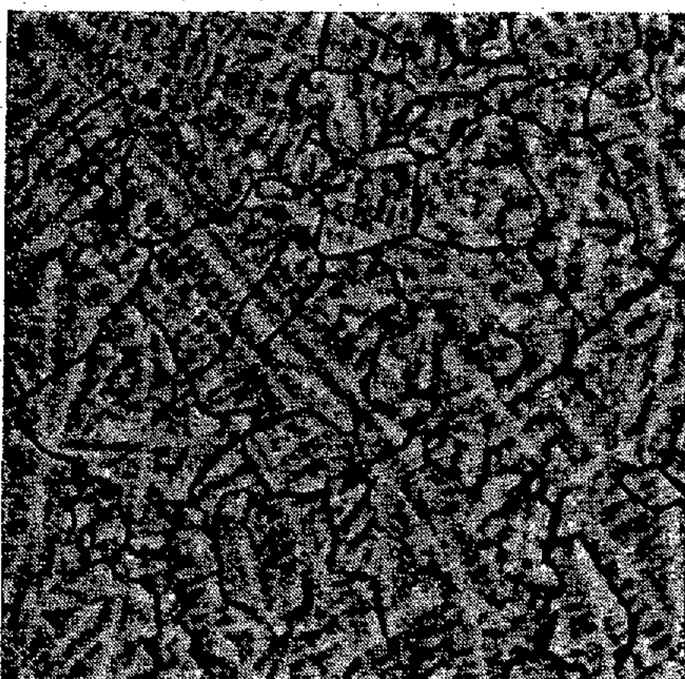


Fig. 3.

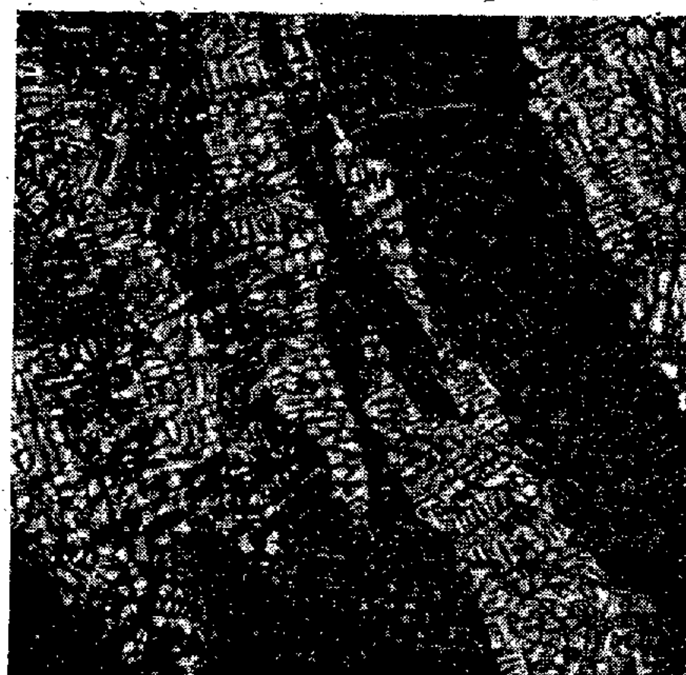


Fig. 4.



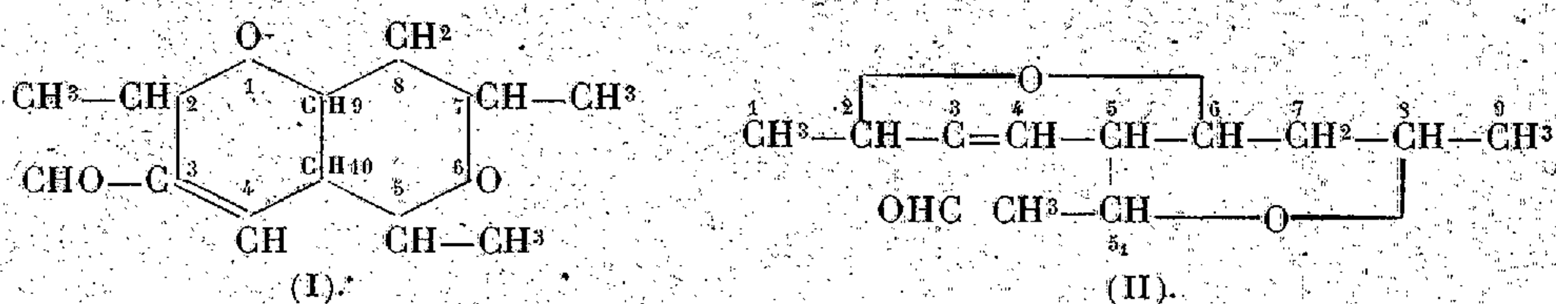
Fig. 5.



Fig. 6.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un acide*, $C^{12}H^{18}O^4$, *issu du crotonaldéhyde trimère*. Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

La polymérisation du crotonaldéhyde, en milieu chlorhydrique, a conduit M. Delépine ([1]) à l'obtention d'un aldéhyde dimère, $C^8H^{12}O^2$, l'époxy-2.6 heptène-3 méthylal-3. Récemment, Bernhauer et Irrgang ([2]) ont établi que le même agent de polymérisation fournissait à côté du dimère, un aldéhyde trimère $C^{12}H^{18}O^3$. De formation analogue à celle du dimère, le trimère résulterait de la condensation de trois molécules de crotonaldéhyde après hydratation, puis déshydratation; les auteurs assignent à ce trimère la constitution (I). Considéré sous cette forme, l'aldéhyde serait un dérivé d'un



dioxa-1.6 hydronaphtalène; sa dénomination rationnelle est longue; aussi pour la simplifier, ainsi que pour des raisons d'analogie avec le dimère, l'époxy-2.6 heptène-3 méthylal-3, il est préférable d'écrire la formule (I) sous la forme (II), qui fait alors du trimère un bis.époxy-(2.6, 8.5₁) éthyl-5 nonène-3 méthylal-3.

Au cours de ses différentes recherches sur l'époxy-2.6 heptène-3 méthylal-3 $C^8H^{12}O^2$ et ses dérivés, M. Delépine avait soumis des quantités importantes de crotonaldéhyde à l'action polymérisante de l'acide chlorhydrique. Du milieu réactionnel, on retirait par entraînement à la vapeur d'eau, puis par rectification, le dimère $C^8H^{12}O^2$ et un liquide bouillant au-dessus de 90° sous 17^{mm}, lequel avait été momentanément laissé de côté. Ce sont ces résidus de distillation ainsi accumulés, que M. Delépine a bien voulu me confier en vue d'y rechercher le trimère, $C^{12}H^{18}O^3$, décrit par Bernhauer et Irrgang.

D'une première distillation, effectuée sur 270^g de résidu, on a retiré un liquide jaune bouillant de 50° à 100° sous 2^{mm}; il reste une fraction indistillable, le quart environ, constituant une résine noire qui n'est soluble que dans le benzène. Le distillat, soumis à de nouveaux fractionnements, permet de récupérer tout d'abord un peu de dimère $C^8H^{12}O^2$; E_3 60-63°, n_D^{18} 1,492, dont la semicarbazone fond à 205° (fus. inst.), sans dépression en mélange avec le produit pur, et dont l'oxydation conduit à l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 avec un bon rendement.

Octatriénal, $C^8H^{10}O$. — En continuant le fractionnement, on retire une dizaine de grammes d'octatriénal, soit environ 1 % du crotonaldéhyde initialement transformé; E_3 75-77°; F 56-57° [F 55°, Kuhn ([3])]. La substance fournit facilement l'oxime avec un

---

([1]) M. Delépine, *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, 20, 1910, p. 389.
([2]) Bernhauer et Irrgang, *Ann. der Chem.*, 525, 1936, p. 43.
([3]) R. Kuhn et M. Hoffer, *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 1977.

rendement de 93 % ; F 187° [F 186-187° Kuhn (1)]. Analyse, tr. % C 69,68; H 8,04; théorie pour $C^8H^{11}ON$, respectivement 70,03 et 8,09. L'octatriénal s'altère rapidement à l'air. Il possède un indice de réfraction très élevé, c'est ainsi que le liquide enrichi en cet aldéhyde avait pour indice n_D 1,57.

Bis-époxy-(2.6, 8.5₁) *éthyl*-5 *nonène*-3 *méthylal*-3, $C^{12}H^{18}O^3$, (II). — D'une autre fraction, E_2 104-105°, n_D^{21} 1,508, refroidie au-dessous de 0°, on a retiré après essorage 50^g d'aldéhyde, $C^{12}H^{18}O^3$, en cristaux jaunes, fus. à 64-66° [F 63°, Bernhauer (2)]. Cette quantité représente approximativement 5 % du crotonaldéhyde primitivement transformé; l'aldéhyde donne une semi-carbazone fus. à 234-235° (fus. inst.) après purification dans l'alcool aqueux (F 213°,5, Bernhauer).

En possession de l'aldéhyde $C^{12}H^{18}O^3$, je l'ai oxydé aux fins d'étudier l'acide correspondant $C^{12}H^{18}O^4$; dans la présente Note, je me bornerai à relater quelques-unes de ses propriétés : caractérisation de la liaison éthylénique et formation d'amide.

Acide bis-époxy-(2.6, 8.5₁) *éthyl*-5 *nonène*-3 *carboxylique*-3, $C^{12}H^{18}O^4$. — L'aldéhyde $C^{12}H^{18}O^3$, oxydé par l'oxyde d'argent, conduit à l'acide $C^{12}H^{18}O^4$ avec un rendement de 92 %. Celui-ci se présente en fines aiguilles incolores (mélange ligroïne-alcool), fus. à 169° (fus. inst.) (F 159°, Bernhauer et Irrgang). Solubilité dans l'eau à 15° : 0,25 en 100 parties. P. M. 224,9 (dosage à la soude), calc. 226. Traité par le brome en solution chloroformique, l'acide fournit un acide dibromé, l'acide bis-époxy-(2.6, 8.5₁) éthyl-5 dibromo-3.4 nonanecarboxylique-3, $C^{12}H^{18}O^4Br^2$, avec un rendement de 15 %, F 151° (fus. inst.) identique au chiffre de Bernhauer. P. M. 384 (titrage à la soude) au lieu de 385,9. Si, au lieu d'opérer en solution chloroformique, on opère en milieu aqueux, le résultat est différent.

Acide bis-époxy-(2.6, 8.5₁) *éthyl*-5 *bromo*-3 *hydroxy*-4 *nonanecarboxylique*-3, $C^{12}H^{19}O^5Br$. — 1^g,15 d'acide $C^{12}H^{18}O^4$ en suspension dans 150$^{cm^3}$ d'une solution contenant 1^g,5 de bromure de potassium, 0^g,35 de bromate de potassium et 15$^{cm^3}$ d'acide sulfurique *n*, sont agités jusqu'à ce que l'acide passe en solution et que celle-ci devienne incolore. Après extraction à l'éther, on récolte l'acide hydroxybromé avec un rendement de 25 %, fus. à 244-245° (fus. inst.) avec décomposition. P. M. 327,5 (titrage à la soude), théorie 333. Br % 23,99, valeur théorique obtenue après 3 heures de chauffage au bain-marie avec de la soude 10*n*. La position du brome a été supposée en 3, par analogie avec l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3, lequel donne également un acide hydroxybromé, et dont M. Delépine situe l'atome d'halogène sur le carbone tertiaire.

Bis-époxy-(2.6, 8.5₁) *éthyl*-5 *nonène*-3 *carbonylamide*-3, $C^{12}H^{19}O^3N$. — L'acide $C^{12}H^{18}O^4$, mélangé à deux fois son poids de chlorure de thionyle, est transformé après une demi-heure d'ébullition en chlorure d'acide; celui-ci, mis en solution dans l'éther anhydre saturé d'ammoniac, donne l'amide avec

(1) R. Kuhn et M. Hoffer, *Ber. d. chem. Ges.*, 63, 1930, p. 2164.

d'excellents rendements. Après purification dans le mélange acétone-benzène, l'amide affecte la forme de bâtonnets, fus. à 176° (fus. inst.), facilement solubles dans l'eau, l'alcool, l'acétone, beaucoup moins dans l'éther et le benzène. N % trouvé 6,26, chiffres théoriques.

GÉOLOGIE. — *Un bassin houiller paralique de l'époque crétacée.* Note de M. **Pierre Pruvost**, présentée par M. Charles Jacob.

Sur la rive droite du Rhône, à l'Ouest d'Orange, le Crétacé supérieur dessine trois synclinaux alignés E. W. et plongeant vers l'Est : celui de la Basse-Ardèche, celui de la Cèze et celui de la Tave. Dans cette série marine s'intercale une formation saumâtre avec lignites, dont la faune spéciale a été décrite en 1902 par J. Repelin (1). C'est le faciès gardonien de Ph. Matheron. Il correspond ici exactement au Cénomanien supérieur, car ces couches reposent sur les grès verts à *Orbitolina concava* du Cénomanien inférieur et supportent les calcaires marneux à *Mammites nodosoides* du Ligérien.

L'épisode saumâtre a 50m d'épaisseur à Saint-Paulet-de-Caissons, où les lignites sont exploités. Nous avons constaté que la sédimentation y est marquée d'un véritable *rythme*, par la répétition, onze fois verrons-nous, du cycle que voici.

Des dépôts argilo-sableux, marneux ou calcaires, à faune saumâtre (*Cyrena proboscidea* Rep., *Corbula zurcheri* Rep., *Terebralia articulata* Zekeli etc.), sont couronnés par un épisode de végétation palustre, un banc calcaire renfermant un enchevêtrement de tiges de Characées. Au terme de ce *comblement graduel* du bassin, trahissant une *période de stabilité* de son fond, s'est installée la végétation terrestre, qui a envahi la lagune lorsque les eaux y sont devenues suffisamment basses : le calcaire à *Chara* est perforé par les racines sur 0m,80 de hauteur. Nous avons compté onze de ces *sols de végétation fossiles* dans le Gardonien de Saint-Paulet. Ils y forment le mur des couches de lignite. Parfois les 5 ou 10cm inférieurs du charbon sont un lignite lui-même perforé de racines, qui a la structure de la tourbe.

Puis, le bassin s'enfonçant, est survenue une *transgression brutale*, qui a amené, soit le dépôt d'une veine de lignite finement stratifié, du type des charbons allochtones qu'a décrits A. Duparque, sédiment végétal produit par la destruction de la forêt marécageuse au cours de cette inondation, soit le dépôt de marnes, d'argiles ou de sables à faune saumâtre qui alternent avec les lits de lignite ou les remplacent latéralement. Peu à peu le bassin s'est comblé à nouveau. Et le cycle recommence.

Ces faits sont comparables à ceux qui sont connus dans le bassin westphalien du Nord de la France (2). Dans les deux cas, alors que le fond du bassin se maintenait à une altitude toujours très voisine du niveau de la mer, des descentes

(1) *Descript. des faunes du Cénomanien saumâtre ou d'eau douce du Midi de la France* (Mém. in-4°, Marseille, 1902.)

(2) Pierre Pruvost, *Sédimentation et subsidence* (*Livre jubilaire Soc. géol. France*, 1930, p. 553 et sq.).

successives brutales, mais de médiocre amplitude verticale (dans les deux cas, on peut les évaluer à moins de 5^m), séparées par des périodes de stabilité, ont permis cependant l'accumulation d'une épaisseur notable de sédiments. La *subsidence* nous apparaît donc comme un *mouvement de descente prolongé et discontinu*, produit *par la répétition de chutes de faible amplitude*.

Mais de récentes explorations par sondages du synclinal de la Basse-Ardèche ont mis en évidence un autre fait intéressant. Alors que les couches de lignite se maintiennent avec une certaine régularité le long des bords du bassin, par contre elles s'amincissent et disparaissent vers le centre de la cuvette. Dans cette direction l'étage saumâtre se charge d'intercalations marines de plus en plus puissantes, au détriment des dépôts charbonneux. On se trouve donc en présence d'un véritable *bassin houiller paralique*, d'âge cénomanien.

Cette observation entraîne des conséquences d'ordre pratique, relativement aux réserves à escompter en profondeur dans un tel type de gisement. On en retire aussi des conclusions intéressant la géologie générale et dont voici les principales :

1° La limite que l'on peut tracer entre la zone lignitifère et la région marine stérile montre que la forme de la cuvette sédimentaire était déjà l'ébauche du pli qui l'a affectée dans la suite;

2° Ces lagunes cénomaniennes s'échelonnaient en marge de la haute-mer qui s'étendait au N. E., couvrant encore l'aire précédemment occupée par la fosse vocontienne de V. Paquier. Elles s'appuyaient au Sud sur l'isthme durancien, région continentale à climat chaud et sec où achevaient de s'élaborer les bauxites. A la lisière, en région plus basse et plus humide, s'alignait une frange de forêts marécageuses, sorte de mangrove, qui, refoulée par chaque saccade de la subsidence, regagnait du terrain vers le centre de la lagune à chaque nouvelle période de comblement, formant un gisement de charbons d'allure annulaire, limité à la marge du bassin.

Or, tandis que, grâce au phénomène houiller, le mécanisme de la subsidence est parfaitement mis en lumière dans cette zone marginale privilégiée, non loin de là, en haute-mer, dans le même bassin soumis aux mêmes affaissements, la sédimentation purement marine a laissé des dépôts homogènes où le phénomène cesse d'être clairement enregistré.

A $15^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 27 MAI 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 6 mai 1942, à Ixelles-les-Bruxelles, de M. **Auguste Lameere**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Obtention de la culture abactérienne de* Glaucoma scintillans *et de la conjugaison expérimentale dans cette culture.* Note de M. **Édouard Chatton** et Mme **Marie Chatton**.

Nous avons exposé [1] que l'Infusoire *Glaucoma scintillans* pouvait être induit à se conjuguer dans des cultures où ce phénomène ne se produit jamais spontanément (contrôle portant maintenant sur une même culture datant du 24 décembre 1920). Nous avons montré que l'action simultanée de plusieurs facteurs était nécessaire pour déterminer la conjugaison : 1° un état d'inanition ménagée de la culture; 2° un pH à limite supérieure 7,23; 3° présence de $CaCl^2$, de Fe^2Cl^6 ou de glucose coexistant avec des bactéries capables de dégrader ce sucre. Dans ce dernier cas nous avons démontré que, parmi les produits de désintégration de ce glucide, c'est l'acide pyruvique qui est actif; 4° un délai de 12 à 24 heures. Le troisième facteur est d'action spécifique, les trois autres d'action générale.

Au cours de ces recherches nous nous sommes efforcés de simplifier, pour pouvoir mieux les analyser, les conditions qui règnent dans la culture. Nous avons d'abord réduit à une seule espèce les Bactéries associées à l'Infusoire et réalisé ainsi une culture mixte *monobactérienne* où la Bactérie, un *Bacillus fluorescens liquefaciens* (souche *Cta*) sert d'aliment au Cilié. Elle est elle-même entretenue sur une décoction de foin ou de blé ou sur un milieu synthétique (lactate d'ammoniaque, asparagine). Suivant la composition du milieu elle

---

(1) *Comptes rendus*, **126**, 1923, pp. 1091-1093; **176**, 1923, pp. 1262-1265; **180**, 1925, pp. 1137-1140; **185**, 1927, pp. 400-403; **188**, 1929, pp. 1315-1318; **189**, 1929, pp. 59-62; **193**, 1931, pp. 206-209; *C. R. Soc. Biol.*, **93**, 1925, pp. 675-678.

influence, ou non, la nutrition, la multiplication et la sexualisation de l'Infusoire par les produits de son métabolisme.

Nous avons tenté à maintes reprises de l'évincer. C'est à cette époque que A. Lwoff (1923) parvenait pour la première fois à ce résultat pour un Infusoire voisin, *Glaucoma piriformis*. Il le cultive indéfiniment sur eau peptonée stérile filtrée. Nous obtenions nous-mêmes l'année suivante, dans les mêmes conditions, la culture abactérienne d'une autre souche de *G. piriformis* (*G. p.* S.). Depuis cette époque d'autres souches encore de cette espèce ont été mises en culture abactérienne par divers auteurs, toujours sur milieu peptoné.

Cependant nos tentatives de réalisation de la culture abactérienne de *G. scintillans* restaient infructueux. Pour réduire au minimum dans nos cultures la quantité des produits du métabolisme bactérien, nous essayâmes de substituer à l'aliment bactérien vivant des Bactéries préalablement tuées (par chauffage à 65° pendant une demi-heure). Nous constatâmes d'abord que les Ciliés rendus aseptiques par lavage ne se multiplient pas en présence des Bactéries séparées de leur milieu de culture et tuées. Ils ne le font qu'ensemencés dans ce milieu même, préalablement chauffé. Dans ces conditions, on a une culture « léthobactérienne » qui, ne contient, à condition d'avoir été chauffée au bout de 24 heures seulement de culture, que peu de produits Bactériens. Mais il semblait, on l'a vu, que ce peu fût indispensable au Cilié. Il n'en est cependant rien.

Après avoir, de 1931 à 1939, tenté à maintes reprises de supprimer complètement la Bactérie de notre culture infusorienne, nous y réussissions à cette dernière date en ensemençant nos Infusoires à partir de la culture léthobactérienne sur la décoction de blé neuve et stérile. Ils s'y perpétuent depuis ce moment (33e repiquage) sans difficultés. Nous ne pouvons préciser si ce succès fut dû à des conditions inappréciables à l'échelle où nous opérions plutôt qu'à une longue accoutumance de notre Cilié à la vie aseptique en milieu léthobactérien. Toujours est-il que la culture abactérienne ainsi obtenue diffère profondément de celle de *G. piriformis*. Les ensemencements répétés de l'Infusoire sur les milieux peptonés propres à la culture de ce dernier sont restés négatifs. Nous pensons que le *G. scintillans*, contrairement au *G. piriformis*, qui, Lwoff l'a établi d'emblée, absorbe et assimile l'aliment liquide, exige, lui, un aliment particulaire. En fait, nous n'avons pu obtenir de multiplication sur la décoction de blé filtrée. Il y a donc lieu de distinguer de ce point de vue, deux catégories de Ciliés, entre lesquelles peuvent se partager des espèces morphologiquement très voisines : les unes à *nutrition liquide possible*, les autres à *nutrition particulaire obligatoire*.

Voici donc, réalisée pour la première fois, à notre connaissance, une culture abactérienne de *G. scintillans*. Nous avons tenté sur elle les épreuves d'induction zygogène qui réussissent avec une grande régularité sur l'Infusoire en culture

biobactérienne et léthobactérienne. Disons d'abord que, dans aucune des cultures abactériennes de *G. piriformis*, il n'a jamais été signalé de zygose et que tous les essais que nous avons pratiqués pour l'obtenir, en mettant en jeu les facteurs qui la provoquent chez *G. scintillans*, ont échoué. On pouvait penser que l'asepsie totale de la culture ou le régime purement liquide auquel elle est soumise y était pour quelque chose; mais les mêmes essais échouent quand ils sont pratiqués sur l'Infusoire remis au régime biobactérien. Il faut donc admettre que l'aptitude des *G. piriformis* à la zygose est sinon nulle, du moins beaucoup plus restreinte que celle du *G. scintillans*, et qu'elle exige, pour se manifester, des conditions très particulières encore inconnues. En fait le *G. scintillans* réagit par la zygose aussi bien en cultures abactériennes à aliment particulaire qu'en cultures biobactériennes ou léthobactériennes, à l'intervention des facteurs zygogènes que nous avons énumérés au début de cette Note.

Les conditions générales d'inanition relative et de pH étant réalisées, l'action du $CaCl^2$, du Fe^2Cl^6 et de l'acide pyruvique (et éventuellement celle d'autres agents qu'on pourrait découvrir) détermine chez l'Infusoire, dans un délai de 12 à 24 heures, le passage d'un état indifférent à un état caractérisé d'une part par l'attraction réciproque des individus et d'autre part par le déclenchement du jeu cytologique de la méiose, qui sont les deux phénomènes primordiaux perceptibles de la sexualité.

Après avoir montré qu'il existe pour un Infusoire déterminé des corps zygogènes et des bactéries zygogènes, nous avons précisé 1° que ces agents ne sont pas également actifs vis-à-vis de tous les Infusoires; 2° qu'une bactérie zygogène (*B. fluorescens liquefaciens* Cta) n'est pas zygogène par elle-même, mais qu'elle exerce son action par un des produits de son métabolisme (acide pyruvique), et par conséquent en fonction du milieu de culture; 3° que les corps zygogènes d'origine minérale ($CaCl^2$, Fe^2Cl^6) ou bactérienne (acide pyruvique) exercent leur action indépendamment de toute Bactérie. Il faut comparer à l'action zygogène-méiogène de ces corps (E. et M. Chatton, 1923) celle du chlorure de calcium déclenchant la maturation de l'œuf d'*Asterias glacialis* (Dalcq 1924), celle des gonadotrophines issues de l'hypophyse qui déterminent la maturation de la Lapine (Pincus, 1936) ou de la Souris (Moricart, 1940).

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique. *Mémoires*, n° 95 à 98. *Mémoires*, 2e série, fascicules 20 à 22. *Bulletin*, tome XVI, n° 42 et tome XVII.

M. **Jean Vignal** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *E. Fichot*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la courbure des ensembles plans.* Note de M. **Frédéric Roger**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai formulé (¹) un principe très général d'indétermination de certaines limites et je l'ai justifié en rappelant les conclusions de ma *Thèse* (²) et en énonçant une propriété des éléments de contact des variétés. Toujours dans le cadre du même principe, la présente Note est une extension des plus simples de ces propriétés. Les démonstrations détaillées paraîtront dans un autre Recueil.

Définitions. — Soient E un ensemble de points dans le plan, P un point d'accumulation de E, P′ un point de E tendant vers P, Δ une demi-droite d'accumulation de E en P (l'une des positions-limites de la demi-droite PP′), P″ un point de E tendant vers P dans la direction Δ; nous appellerons *courbure ordinaire* de E en P dans la direction Δ, toute limite (éventuellement infinie) de la courbure algébrique d'un arc de cercle d'origine P, contenant P′ et P″, et dont la mesure tend vers π. Par ailleurs, la courbe représentative d'une fonction $y=f(x)\,(a\leqq x\leqq b)$ sera dite *courbe convexoïde* vers les y négatifs, si le quotient différentiel second

$$(1)\qquad 2\{[f(x'')-f(x)]:(x''-x)-[f(x')-f(x)]:(x'-x)\}:(x''-x')$$

reste borné inférieurement.

Lemme de décomposition. — *Soient* E *un ensemble plan*, E_0 *l'ensemble des points* P *de sa fermeture où existe une direction* Δ (*variable avec* P) *dans laquelle* $-\infty$ (*ou* $+\infty$) *n'est pas courbure ordinaire de* E. *Il est possible de décomposer* E_0 *en un système dénombrable d'ensembles fermés* F_i (*non nécessairement disjoints*) *et d'attacher à chaque* F_i *un carré fermé* Q_i (*dont on prend les côtés pour axes de coordonnées*), *une courbe convexoïde* C_i *et une courbe de Lipschitz* L_i *situées sur* Q_i, *ayant les propriétés suivantes* : $F_i\subset C_i$; $E\cap Q_i\subset L_i$; *en chaque point* P *de* F_i, C_i *et* L_i *admettent* Δ(P) *comme demi-tangente; plus précisément, de ce côté de* P, *la distance des points de chaque courbe à* Δ *est infiniment petite du second ordre par rapport à leur distance à* P.

Définitions. — Le lemme précédent ramène l'étude de la courbure au cas où E se situe sur une courbe de Lipschitz $y=f(x)$ qui admet une demi-tangente Δ au point $P_0[x_0, fx)]$ considéré. Cette étude peut se faire au moyen du quotient différentiel second (1), où $x=x_0+h$, $x'=x_0+k$, $x''=x_0+l$,

(¹) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 66.
(²) *Acta mathematica*, 69, 1937, pp. 99-133.

lorsque h, k, l sont des infiniment petits. Les courbures *ordinaires* à droite (ou à gauche) correspondent à $k = 0 < k < l$ (ou $k = 0 > k > l$); en imposant plus généralement à h/k de n'avoir aucune limite égale à 1, nous obtenons les courbures que nous appellerons *semi-régulières* à droite si $h < k < l$ (ou à gauche si $h > k > l$). De même, les courbures mixtes ($h < k = 0 < l$) rentrent dans la catégorie des courbures que nous appellerons *régulières*, celles-ci étant définies comme semi-régulières à la fois à droite et à gauche. Par ailleurs, aux points où une courbe $y = f(x)$ admet une courbure ordinaire ($h = 0$) finie unique, la courbe admet aussi ce nombre pour courbure unique semi-régulière ($h/k \not\to 1$).

Les points où une courbe convexoïde n'admet pas une telle courbure unique seront dits exceptionnels parce qu'ils forment un ensemble de longueur nulle; plus généralement, nous appellerons *ensemble exceptionnel pour l'ordre* 2, toute réunion dénombrable d'ensembles exceptionnels de courbes convexoïdes.

Théorème de répartition des courbures ordinaires d'un ensemble plan. — *En chaque point* P *de la fermeture d'un ensemble* E *de points du plan, sauf peut-être en certains dont l'ensemble est exceptionnel pour l'ordre* 2 (*donc de longueur nulle*), *les courbures ordinaires de* E *ne peuvent présenter que l'une des trois dispositions suivantes :*

1° *Dans chaque direction d'accumulation* Δ, *les deux courbures ordinaire, extrêmes sont* $\Gamma = +\infty$ *et* $\gamma = -\infty$;

2° E *admet une tangente unique* $T = \Delta + \Delta'$ *et les quatre courbures extrêmess non seulement ordinaires* ($h = 0$) *mais même semi-régulières* ($h/k \not\to 1$), *sont* $\Gamma = +\infty$, $\gamma = \Gamma'$ *fini*, $\gamma' = -\infty$ (*il existe alors une seule courbure régulière, qui vaut* $\gamma = \Gamma'$);

3° E *admet* (*outre une tangente*) *une courbure unique non seulement ordinaire mais même semi-régulière.*

Cas des continus. — Soient K un continu plan, $E'_0 (\supset E_0)$ l'ensemble des points P de K où existe une direction Δ dans laquelle une valeur (variable avec P), soit infinie (cas précédent), soit même finie, n'est pas courbure ordinaire de K. E'_0 admet une *décomposition* du même type que E_0^*; ici $K \cap Q_i$ s'identifie avec la courbe de Lipschitz L_i. On peut fondre en un seul énoncé les résultats relatifs aux *faisceaux dérivés premier* (celui des demi-droites d'accumulation) *et second* (celui des demi-cercles de courbure ordinaire) d'un continu plan; nous appelons *ensemble exceptionnel pour l'ordre* 1 (car de longueur nulle), toute réunion dénombrable d'ensembles exceptionnels de courbes de Lipschitz (ensemble des points où une telle courbe n'admet pas une tangente unique).

Les cinq dispositions fondamentales du faisceau dérivé second des continus plans. — *En chaque point* P *d'un continu plan* K *n'appartenant pas à la réunion de deux ensembles exceptionnels, l'un pour l'ordre* 1, *l'autre pour l'ordre* 2, *le faisceau dérivé d'ordre* $r = 2$ *ne peut présenter que l'une des* $2r + 1 = 5$ *dispositions suivantes :*

1° *Il comprend* (*a*) *tous les demi-cercles issus de* P, *ou du moins* (*b*) *tous ceux qui partent de* P *tangentiellement aux demi-droites d'un demi-plan fermé;*

2° *Il comprend* (*a*) *tous les demi-cercles tangents en* P *à une même droite* (*la tangente unique à* K), *ou du moins* (*b*) *tous ceux qui, d'un côté de* P *sont intérieurs, et de l'autre extérieurs à un même cercle* (*le cercle osculateur régulier unique de* K);

3° *Il ne comprend que les deux demi-cercles d'un même cercle, le cercle osculateur unique de* K.

Si, dans la recherche des courbures, on substitue les *cercles* PP′P″ aux arcs d'origine P dont la mesure tend vers π, les cas (*a*) et (*b*) ne se distinguent plus; et l'on peut dire alors que *les éléments de contact du second ordre d'un continu plan ne peuvent être, presque partout, que la totalité des éléments du second ordre attachés à un élément de contact bien déterminé d'ordre* 0, 1 *ou* 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les problèmes aux limites comportant une dérivée oblique et concernant le type elliptique à m variables.* Note de M. **Maurice Gevrey**.

Nous nous proposons d'indiquer, pour m quelconque, un procédé simple n'utilisant pas les intégrales principales (sans discuter le problème); mais alors que pour $m = 2$ la direction l de la dérivée oblique pouvait être quelconque [1], nous supposerons ici que l fait, avec la normale *intérieure* n à la frontière S du domaine borné Ω, un angle $< \pi/2$. La *condition aux limites* (C) est une relation linéaire en u et $\partial u/\partial l$ sur S : exposons d'abord la méthode pour une fonction u *harmonique*.

On peut choisir un nombre h tel que le vecteur MH de longueur h, opposé à l et issu d'un point quelconque M de S soit toujours extérieur à Ω. La fonction $\mathcal{U}_P^M = -\int_{MH} \left[\frac{\partial PQ^{2-m}}{\partial n}\right]_Q ds_Q$ est harmonique en $P(x_i)$, l'indice Q signifiant que la dérivée est prise en Q suivant la parallèle à la normale n en M. Or la dérivée oblique de l'intégrale $\int_S \mathcal{U}_P^M \sigma_M \, dS_M$ admet, quand P vient sur S, *la même discontinuité* (D) *qu'un potentiel de double couche de densité* σ : en écrivant que cette intégrale vérifie (C), on obtiendra donc une équation de Fredholm pour déterminer σ.

Soit maintenant l'équation du *type elliptique généralisé* (avec $i, j = 1, \ldots, m$)

$$F_P u \equiv \lim_{\varepsilon \to 0} \frac{2m(m+2)}{\sigma_m^\star} \int_\omega \frac{u_Q - u_P}{\varepsilon^{m+2}} d\omega_Q + \sum_i b_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu = f; \tag{1}$$

[1] M. Gevrey, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 635; 214, 1942, p. 206.

$\sigma_m^\star$ est l'aire de l'hypersphère unitaire, Q le point courant (y_i), ω le domaine défini par $\Sigma_{ij} A_{ij}(P)(x_i - y_i)(x_j - y_j) < \varepsilon^2$, les A_{ij} étant les mineurs des a_{ij}, de déterminant *un*. *La discontinuité* (D) *a lieu à nouveau*, en posant cette fois (avec α_i et λ_i cosinus directeurs de n et l)

$$(2) \qquad \mathfrak{U}_P^M = \int_{MH} \sum_{ij} (a_{ij}\alpha_i)_M \frac{\partial \vartheta_P^Q}{\partial x_j} ds_Q, \qquad \vartheta_P^Q = \left[\sum_{ij} A_{ij}(Q)(x_i - y_i)(x_j - y_j) \right]^{1-\frac{m}{2}}.$$

Ceci nous permet de calculer u vérifiant (1) dans Ω et (C) sur S par divers procédés utilisant le calcul de la résolvante du noyau $F_P \vartheta_P^Q/(m-2)\sigma_m^\star$, ϑ étant la fonction (2) ou n'en différant que par un terme régulier. On peut : 1° soit calculer Φ_Q^M telle que $\mathcal{W}_P^M = \mathfrak{U}_P^M + \int_\Omega \vartheta_P^Q \Phi_Q^M d\omega_Q$ vérifie (1) : alors $u = \int_S \mathcal{W}_P^M \sigma_M dS_M$ *donne encore lieu à* (D); 2° soit procéder comme il est dit au dernier alinéa de la page 207 de ce tome, en y remplaçant C par S, 2π par $(m-2)\sigma_m^\star$ et $\mathfrak{U}$ par (2). On traitera ainsi un système de n *équations aux dérivées partielles ou intégro-différentielles* à n inconnues $u_1, \ldots, u_n$, semblable à celui de la page 208. On donne n *conditions sur* S, dont la $k^{\text{ième}}$ est linéaire par rapport à $u_1, \ldots, u_n$ et à la dérivée oblique $\partial u_k/\partial l_k$, et l'on aboutit à la résolution d'une équation de Fredholm, dont le noyau vaut $O(MQ^{\beta-m+1})$, M et Q étant sur S et β un nombre positif.

Les a_{ij}, α_i, λ_i sont supposés höldériens, mais on peut remplacer cette condition par la sommabilité *uniforme*, à partir de zéro et par rapport à r, de $\Delta a_{ij}/r$, $\Delta\alpha_i/r$, $\Delta\lambda_i/r$, r étant la distance de deux points de Ω ou de S et Δ désignant l'accroissement correspondant. Les b_i, c, f sont continus, hypothèse qui peut être élargie.

Notons aussi qu'on peut écrire $A_{ij}(M)$ au lieu de $A_{ij}(Q)$ dans l'expression de $\partial\vartheta/\partial x_j$ [intégrale (2)].

ÉLECTRICITÉ. — *Analogie entre l'électrostatique et le magnétisme et théorie ampérienne de l'électrostatique.* Note [1] de M. **Léon Bouthillon**, présentée par M. Camille Gutton.

On sait qu'il existe deux théories du magnétisme, ayant deux points de départ respectifs dans les expériences de Coulomb et dans celles d'Œrsted et Ampère, et dont le tableau ci-après (colonnes 2 et 3) contient les définitions et les lois fondamentales.

---

(1) Séance du 18 mai 1942.

Nos.	Théories coulombiennes de l'électrostatique.	Théories coulombiennes du magnétisme.	Théories ampériennes du magnétisme.	Théories ampériennes de l'électrostatique.
1.	$[\nabla \mathrm{E}] = \sigma$	$[\nabla \mathcal{E}] = 0$ (1)	$(\nabla \mathcal{B}) = 0$	$(\nabla \mathrm{B}) = 0$ (1)
2.	$\mathrm{E} = -\nabla u$	$\mathcal{E} = -\nabla \upsilon$ (2)	$\mathcal{B} = [\nabla \mathrm{V}]$	$\mathrm{B} = [\nabla \mathcal{V}]$ (2)
3.	$(\nabla \mathrm{E}) = 4\pi m$	$\nabla \mathcal{E} = 4\pi\mu$	$[\nabla \mathcal{B}] = 4\pi \mathrm{I}$	$[\nabla \mathrm{B}] = 4\pi \mathcal{J}$
4.	$\mathrm{F} = m\mathrm{E}\, dv$	$\mathrm{F} = \mu \mathcal{E}\, dv$	$\mathrm{G} = [\mathrm{I}\mathcal{B}]\, dv$	$\mathrm{G} = [\mathcal{J}\mathrm{B}]\, dv$
5.	$\mathrm{B} = \mathrm{E} + 4\pi \mathrm{P}$	$\mathcal{B} = \mathcal{E} + 4\pi \mathcal{P}$	$\mathcal{E} = \mathcal{B} - 4\pi \mathcal{P}$	$\mathrm{E} = \mathrm{B} - 4\pi \mathrm{P}$
6.	$(\nabla \mathrm{B}) = 4\pi m_0$	$(\nabla \mathcal{B}) = 0$	$[\nabla \mathcal{E}] = 4\pi \mathrm{I}_0$	$[\nabla \mathrm{E}] = 0$

- E. Intensité de champ électrique.
- B. Induction électrique.
- P. Polarisation électrique.
- m. Densité cubique d'électricité.
- I. Densité de courant électrique.
- m_0. Densité cubique d'électricité vraie.
- F. Force appliquée à une charge électrique ou magnétique.

- $\mathcal{E}$. Intensité de champ magnétique.
- $\mathcal{B}$. Induction magnétique.
- $\mathcal{P}$. Polarisation magnétique.
- μ. Densité cubique de magnétisme.
- $\mathcal{J}$. Densité de courant magnétique.
- I_0. Densité de courant magnétique vrai.
- G. Force appliquée à un élément de courant électrique ou magnétique.

u, υ, V, $\mathcal{V}$ potentiels.

La première (théorie coulombienne) est calquée sur la théorie de l'électrostatique (colonne 1). Les entités de même nom se correspondent et les formules sont identiques. Le champ magnétique des courants s'introduit comme différant de celui des aimants par son caractère non lamellaire dans les conducteurs, mais a par ailleurs les mêmes propriétés en ce que, du fait de l'absence de magnétisme vrai, l'induction magnétique est solénoïdale dans tous les milieux.

Si l'on prend pour tenseur fondamental non l'intensité du champ comme il est fait d'ordinaire, mais l'induction, la seconde théorie du magnétisme (théorie ampérienne) correspond également point par point à la théorie de l'électrostatique. Le parallélisme s'établit non plus entre entités de même nom, mais entre intensité de champ électrique et induction magnétique, entre induction électrique et intensité de champ magnétique, entre densité cubique de l'électricité et intensité spécifique de courant électrique, entre potentiel scalaire électrique et potentiel vecteur magnétique. Les équations fondamentales ont des formes semblables et s'enchaînent dans le même ordre (colonnes 1 et 3).

La théorie électrostatique de la colonne 1 est une théorie coulombienne. On peut compléter le système d'analogies résumées ci-dessus par l'introduction d'une théorie *ampérienne* de l'électrostatique qui, ayant avec la théorie

(1) Formule valable dans le vide et les milieux polarisés.

(2) Les symboles ∇a, $(\nabla \mathrm{A})$, $[\nabla \mathrm{A}]$, (AB), $[\mathrm{AB}]$ signifient respectivement grad a, div A, rot A, produit scalaire de A et B, produit vectoriel de A et B.

Un scalaire est désigné par une lettre minuscule (Ex. u), un pseudo-scalaire par une lettre grecque (Ex. υ), une entité polaire par une majuscule (Ex. E), une entité axiale par une majuscule ronde (Ex. $\mathcal{E}$).

coulombienne des liens analogues à ceux existant entre les deux théories du magnétisme, est respectivement aux théories ampérienne et coulombienne du magnétisme ce que la théorie coulombienne de l'électrostatique est aux théories coulombienne et ampérienne du magnétisme.

Esquissons cette théorie (colonne 4). Considérant d'abord le cas du vide et des diélectriques, nous introduisons comme tenseur fondamental le tenseur solénoïdal induction électrique B. Sa divergence est nulle, il dépend d'un potentiel tenseur $\mathcal{V}$ (équations 1 et 2). L'expression 3 définit ensuite le tenseur $\mathcal{J}$ (dont la signification physique sera précisée plus loin), solénoïdal comme l'intensité spécifique de courant I de la colonne 3 et comme elle réparti en tubes fermés. Toujours comme dans la théorie ampérienne du magnétisme, un milieu polarisé est supposé constitué par un grand nombre de tubes élémentaires fermés du tenseur $\mathcal{J}$, et l'intensité du champ E s'introduit à partir de l'induction B et de la polarisation P (expression 5). Les deux théories sont calquées l'une sur l'autre, comme les théories coulombiennes de l'électricité et du magnétisme, avec correspondance des entités électriques et magnétiques de même nom.

Introduisons maintenant des conducteurs chargés. La correspondance devient moins étroite avec la colonne 3, mais se resserre avec la colonne 2 (théorie coulombienne du magnétisme), l'intensité de champ E étant lamellaire comme l'induction $\mathcal{B}$ est solénoïdale, dans tout le champ. Il existe d'ailleurs, tout le long de la théorie, entre les colonnes 2 et 4, un parallélisme analogue à celui constaté entre les colonnes 1 et 3.

Il reste à déterminer la signification physique du tenseur $\mathcal{J}$. On déduit de la loi de l'induction électromagnétique que, de même que la densité de courant électrique est liée à la densité m de l'électricité en mouvement avec la vitesse v par l'expression

$$I = mv,$$

on peut interpréter le tenseur $\mathcal{J}$ comme la densité d'un courant magnétique tel que

$$\mathcal{J} = -\mu v,$$

μ étant la densité du magnétisme. Les tubes particulaires de la théorie de la polarisation sont des courants de magnétisme, comme les courants particulaires d'Ampère sont des courants électriques. A un tube élémentaire de tenseur $\mathcal{J}$ (circuit de courant magnétique) correspond un doublet électrique; à un solénoïde de tenseur $\mathcal{J}$, de rayon infiniment petit dont une extrémité se trouve en un point A et l'autre à l'infini, correspond une charge électrique isolée placée en A.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Méthode de mesure de la capacité apparente des redresseurs à couche d'arrêt.* Note de M. **Pierre Werly**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans le redressement des courants polyphasés par redresseurs à couche d'arrêt, la capacité apparente des éléments rectifiants se manifeste par une atténuation de l'ondulation résiduelle du courant continu. Elle est inférieure à la valeur théorique et est d'autant plus petite que la tension redressée est plus faible et le courant plus élevé, donc d'autant plus petite que le nombre d'éléments rectifiants mis en parallèle est grand devant celui qui se trouve en série.

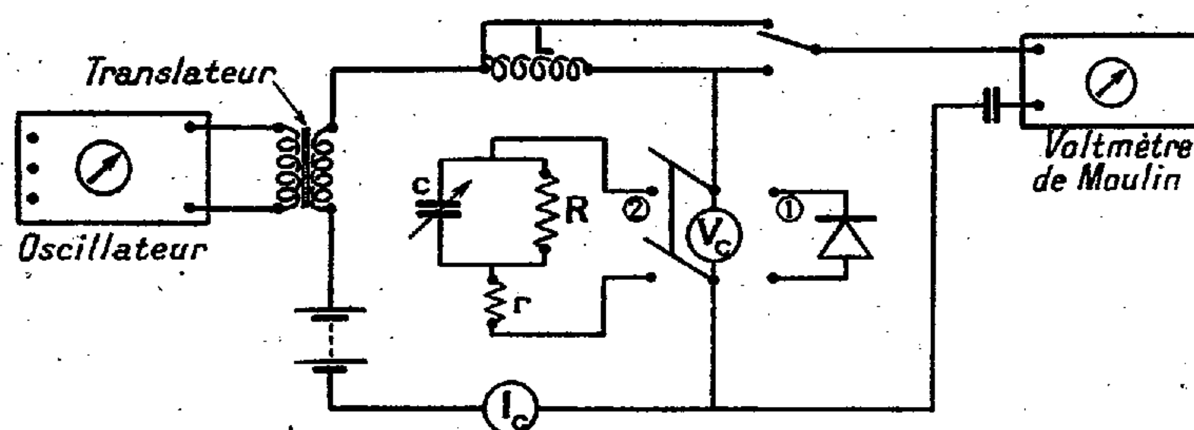
Dans des mesures W. Schottky (¹) et W. Deutchmann (²) ont montré qu'un redresseur Cu/Cu^2O se comporte comme un condensateur shunté.

Si l'on opère avec des différences de potentiel de quelques millivolts seulement pour rendre l'effet redresseur négligeable, des mesures au pont en courant alternatif montrent que le système se comporte exactement comme un condensateur shunté.

L'extrémité du vecteur d'impédance décrit, dans le plan complexe de résistance et réactance, un demi-cercle, lorsqu'on fait varier la fréquence du courant alternatif (²).

Nous avons imaginé d'obtenir la capacité apparente des couches d'arrêt en mesurant le facteur d'affaiblissement qu'elles créent dans un circuit lorsqu'elles sont soumises à un courant de fréquence donnée.

Pour ce faire, nous réalisons le schéma ci-dessous.



Une batterie d'accumulateurs, connectée en série avec un secondaire de translateur, dont le primaire est alimenté par une source de courant alternatif à fréquence constante, constitue une source de courant ondulé. Elle débite à travers une self L dans la résistance inverse de l'élément rectifiant $R + r$ qui

(¹) W. Schottky, R. Stormer et F. Waibel, *Zeits. Hoch Fr. Techn.*, 37, 1931, p. 162; 37, 1931, p. 175.

(²) W. Schottky et W. Deutchmann, *Physik. Zeits.*, 30, 1929, pp. 839-846.

représente la charge du circuit. Cette charge est shuntée par la capacité apparente de l'élément C qui constitue l'inconnue du problème.

Connaissant les constantes du circuit énumérées ci-dessus et le rapport des tensions en amont et en aval de la self L, on peut en déduire par le calcul la valeur de la capacité équivalente C. Mais il est de beaucoup préférable d'opérer en substituant à l'élément rectifiant un circuit équivalent comprenant un condensateur étalon variable shunté par une résistance variable R.

La résistance *r* offerte au passage du courant par le semi-conducteur est très faible devant celle offerte par la couche d'arrêt R et peut être négligée.

Pour rendre la mesure plus facile il suffit de placer un certain nombre de disques identiques en parallèle, ce qui augmente C et diminue R et *r*.

La mesure s'effectue en deux temps :

1° On opère sur le disque dont on veut déterminer la capacité apparente à la tension V_c.

a. On règle la source du courant de façon à donner à V_c aux bornes de l'élément la valeur désirée.

b. On superpose au courant continu le courant alternatif de fréquence constante.

c. On note la valeur du courant continu qui parcourt le circuit.

d. On mesure à l'aide d'un voltmètre de Moulin (le circuit de mesure était coupé par une capacité) la valeur des tensions alternatives en amont et en aval de la self L.

2° On substitue à l'élément redresseur le circuit équivalent décrit ci-dessus.

a. On règle la résistance R de façon à obtenir le même courant i_c que précédemment.

b. On règle la tension de l'oscillateur de façon à obtenir la même tension alternative en amont de la self L.

c. On règle la capacité de manière à obtenir en aval de L la même tension que dans la mesure précédente.

La valeur de C nécessaire pour réaliser cette condition est la capacité cherchée.

Nous avons réalisé une série de mesures sur des disques redresseurs au sélénium de fabrication française. La surface utile était de $S = 6^{cm^2},5$ la fréquence du courant alternatif superposé au courant continu étant de 1000 périodes-seconde.

Dans une mesure nous avions cinq disques en parallèle, la tension V_c était de 8 V, le courant continu qui les traversait était de 14 mA. Les valeurs maxima du courant en amont et en aval de la self étaient respectivement de 800 et 430 mV.

Le circuit équivalent à cet ensemble avait les caractéristiques suivantes :

$$R\,780 \text{ ohms}, \qquad C\,7\,10^{-1}\,\text{MF}.$$

D'une façon générale, cette méthode, qui donne la variation de C en fonction

de la tension appliquée, peut être envisagée pour la mesure de capacité apparente dans des cas analogues et en particulier pour les condensateurs électrochimiques.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur l'utilisation des génératrices asynchrones.* Note de M. **Joseph Bethenod**, présentée par M. Camille Gutton.

Il y a une cinquantaine d'années, Maurice Leblanc a proposé l'usage de machines d'induction (ou asynchrones) comme génératrices à courant alternatif; si ces machines sont couplées à un réseau de grande puissance, il suffit d'ailleurs, pour qu'elles fonctionnent ainsi, de les entraîner à une vitesse supérieure à celle du synchronisme. Pour certaines applications, on peut être amené à reporter sur un groupe de semblables machines la quasi-totalité de la puissance produite, tandis que le réseau se trouve limité à un alternateur usuel, de puissance relativement faible, servant de *chef d'orchestre*, selon la pittoresque expression de Maurice Leblanc. La répartition de la puissance totale entre les génératrices d'induction et cet alternateur offre alors un intérêt particulier, notamment si l'on désire que celui-ci fournisse une puissance aussi réduite que possible. Les considérations suivantes permettent de résoudre ce problème de la façon la plus simple :

Désignons par P et p les puissances fournies respectivement par le groupe de machines d'induction et par l'alternateur-pilote; si la charge, supposée pour simplifier non inductive, est représentée par une résistance r, dans laquelle circule le courant i, on peut écrire $P + p = ri^2$.

D'autre part, du point de vue du réseau, le groupe de machines d'induction équivaut à une résistance *négative* — R et à une réactance positive X; pour un glissement donné, il est d'ailleurs très facile d'évaluer ces quantités, soit en partant du diagramme du cercle correspondant aux machines envisagées, soit plutôt en utilisant de suite les formules classiques établies par André Blondel en 1893-1895. De plus, si U est la tension aux bornes de la résistance r et I le courant fourni par les génératrices d'induction, on peut écrire symboliquement

$$U = (-R + Xj)I = ri \quad [j = \sqrt{-1}]. \tag{1}$$

Des égalités (1) on déduit tout d'abord aisément $p/P = [(R^2 + X^2)/r - R]/R$ (en remarquant que $P = RI^2$).

On en conclut que le rapport p/P peut devenir aussi faible qu'on voudra, si la résistance de charge r est voisine de la valeur

$$r = \frac{(R^2 + X^2)}{R}, \tag{2}$$

pour laquelle la puissance p est nulle.

Pour cette valeur particulière de la charge, la machine-pilote n'a qu'à fournir la puissance réactive $\Pi = XI^2 = (X/R)P$.

Ce régime détermine encore, cependant, une chute de tension par rapport à la tension à vide E fournie par la machine-pilote; en effet, on peut également écrire

$$E = x(I + i)j + U, \tag{3}$$

en désignant par x la réactance qui représente, selon Heaviside-Joubert et en première approximation, l'effet de la réaction d'induit de cette machine (et en négligeant les pertes par effet Joule dans l'enroulement induit).

Si l'on combine (1) et (3), on obtient sans difficulté, en passant aux valeurs efficaces, $U = E(r\sqrt{K^2 + X^2})/\sqrt{(rR + xX)^2 + (Xr + rx - Rx)^2}$.

Dans le cas particulier de l'égalité (2), cette expression devient

$$U = E\,\frac{X^2 + R^2}{X^2 + R^2 + xX},$$

et l'influence de la réaction d'induit sur la chute de tension est ainsi clairement mise en évidence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des vapeurs de tétrachlorure de carbone sur la glucine.* Note de M. **Jean Besson**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'action réductrice et chlorurante du tétrachlorure de carbone sur les oxydes métalliques a été signalée par Demarçay [1] et Meyer [2] et appliquée par Camboulives [3] à de nombreux cas, en particulier à celui de la glucine.

Je me suis proposé d'étudier comment varie la vitesse de cette réaction en fonction de la température et dans quelle mesure elle dépend de l'origine de la glucine utilisée et des traitements qu'elle a subis.

Dans ce but, j'ai étudié successivement :

1° de la glucine préparée à partir de l'hydrate $Gl(OH)^2, xH^2O$ par calcination à 850° pendant 2 heures : l'hydrate étant lui-même purifié suivant un procédé décrit par Lebeau [4];

2° de la glucine calcinée à 850° pendant 12 heures;

3° de la glucine calcinée à 1500° pendant 30 minutes;

4° enfin de la glucine préparée à partir du sulfate $SO^4Gl, 4H^2O$, par calcination pendant 12 heures à 850°.

Dans chaque cas j'ai mesuré, à des températures comprises entre 200° et 900°, le pourcentage de glucine transformée en chlorure après passage des vapeurs de tétrachlorure de carbone pendant 30 minutes, la glucine étant bien desséchée et passée au tamis 120.

(1) *Comptes rendus*, 104, 1887, p. 111.
(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 681.
(3) *Thèse*, Paris, 1910.
(4) *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 16, 1899, p. 460.

Résultats. — *a.* Quelle que soit l'origine de la glucine utilisée, la vitesse de la réaction croît avec la température. Le tableau ci-dessous donne les résultats trouvés pour la glucine préparée par calcination de l'hydrate à 850° pendant 2 heures.

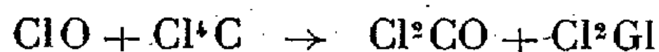
Température...........	200	400	450	500	600	700	800	900
GlO transformée (%)...	0	12	13	14	40	79	95	94

Une courbe tracée avec ces coordonnées permet de constater que la vitesse de la réaction croît d'abord entre 300° et 400°, reste ensuite presque constante entre 400° et 500°, puis croît de nouveau très rapidement jusqu'à 900°.

b. Les courbes relatives aux glucines d'origines diverses ont exactement la même forme; elles se déduisent de la précédente par une réduction des ordonnées dans un rapport constant. Ce rapport vaut environ 1/2 pour la glucine calcinée pendant 12 heures à 850°; 1/3 pour la glucine préparée par calcination du sulfate; 1/10 pour la glucine calcinée à 1500°.

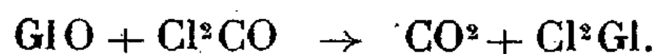
c. L'étude des produits gazeux de la réaction montre que le dégagement de phosgène, abondant jusqu'à 500°, décroît ensuite sensiblement à mesure que du gaz carbonique se dégage de plus en plus abondamment. D'autre part, jusqu'à 500° on ne recueille que du tétrachlorure de carbone; entre 500° et 800° le tétrachlorure de carbone contient des proportions croissantes d'hexachloréthane C^2Cl^6 et du chlore se dégage. Enfin au-dessus de 800° on observe un abondant dépôt de charbon.

Tous les résultats ci-dessus s'interprètent bien de la façon suivante : la chloruration de la glucine s'effectue d'abord suivant la réaction



$$GlO + Cl^4C \rightarrow Cl^2CO + Cl^2Gl$$

dont la vitesse est maximum vers 450°. A partir de 500° le phosgène réagit à son tour suivant



$$GlO + Cl^2CO \rightarrow CO^2 + Cl^2Gl.$$

On observe alors la réaction globale



$$2GlO + Cl^4C \rightarrow CO^2 + 2Cl^2Gl.$$

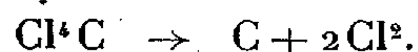
Ainsi s'explique la rapide augmentation de la vitesse à partir de 500°.

A ces deux réactions se superpose, à partir de 500°, la décomposition thermique de Cl^4C. Elle a lieu d'abord entre 500° et 800° suivant



$$2Cl^4C \rightarrow C^2Cl^6 + Cl^2;$$

puis, à partir de 800°, la décomposition est totale :



$$Cl^4C \rightarrow C + 2Cl^2.$$

En résumé, quelle que soit l'origine de la glucine utilisée, la température optima de la réaction est comprise entre 650° et 700°. Assez faible pour que la

décomposition de Cl^4C ne soit pas importante, elle est suffisante pour que la vitesse de réaction soit déjà notable. On observe alors que le rendement de la chloruration est d'autant meilleur que la glucine a été calcinée moins longtemps et à plus basse température, propriété d'ailleurs commune à un certain nombre d'oxydes métalliques.

GÉOLOGIE. — *Sur les conditions de dépôt dans le Golfe du Gypse Parisien.* Note de M. G. DEICHA, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans une Communication préliminaire, j'ai fait connaître les résultats de mes observations sur les zones d'accroissement des lits largement cristallisés du gypse parisien.

J'ai pu distinguer une stratification fine, annuelle, dont chaque strate, de l'ordre de quelques millimètres d'épaisseur, correspond à l'accroissement des cristaux entre deux marées d'équinoxe d'automne qui se traduisent par deux surfaces de dissolution. J'ai montré qu'une surface de dissolution correspondant aux marées d'équinoxe de printemps partage parfois la strate fine en zone hivernale et en zone estivale. Dans des cas particulièrement favorables, j'ai mis en évidence que chacune de ces zones saisonnières se résolvait en une dizaine d'alternances correspondant aux marées de syzygies.

Le fait de trouver dans le gypse parisien le rythme des marées, avec une finesse d'enregistrement qui fournit le plus bel exemple que la Géologie connaisse d'une échelle chronologique absolue, ne constitue pas seulement une preuve de l'origine marine du sulfate de calcium de ce gypse, mais montre aussi que les limites entre le milieu marin et le milieu où se déposait ce gypse étaient bien moins nettement marquées que ne le laissaient supposer non seulement la théorie lacustre, mais aussi les différentes théories lagunaires, qui toutes font intervenir une *barre*, séparation traditionnelle entre le milieu marin et le milieu lagunaire; cependant que cette *barre*, entravant le retour à la mer des sels qui devaient se concentrer dans la lagune ainsi isolée, constitue un des points faibles de la théorie, qui par ailleurs implique un jeu compliqué du mécanisme de la subsidence, qui devait maintenir cette barre à un niveau sensiblement constant. Cette barre rigide n'a jamais été matérialisée que sur des schémas, alors qu'aucun vestige n'en a été trouvé sur le terrain; il semble donc rationnel de la réduire pour en faire peut-être un seuil ou même, plus simplement, de la supprimer complètement du raisonnement pour lui substituer une notion plus souple d'un équilibre entre l'évaporation, l'apport d'eau, la diffusion et la subsidence. Dans ces conditions, le milieu où s'est déposé le gypse devient non plus un milieu *isolé* du milieu marin, mais un milieu *différencié*, un golfe très peu profond où l'évaporation était favorisée tant par le manque de profondeur que par un climat chaud, sinon désertique.

Cette évaporation se trouvait constamment compensée par l'eau du large

qui, se concentrant de plus en plus, abandonnait d'abord, à l'entrée du golfe, ses éléments argileux et son carbonate de calcium sous forme de marnes, puis le sulfate de calcium sous forme de cristaux, disséminés dans les marnes, ensuite sous forme de bancs continus, largement cristallisés, dans les parties où la vitesse de concentration ne l'emportait pas encore sur la vitesse de diffusion, mais surtout de gypse finement cristallisés et de gypse saccharoïde. Sur les hauts fonds et au voisinage des côtes, où la diffusion indispensable au développement des cristaux était gagnée de vitesse par l'évaporation, le sulfate de calcium précipitait à l'état de particules fines donnant des boues séléniteuses, où s'enfonçait le pas des animaux qui circulaient sur les bords du golfe.

Les seules perturbations étaient celles dues aux marées, dont l'effet ordinaire était de tasser à marée haute les eaux concentrées au fond du golfe et de les étaler au large à marée basse, sans amener de brassage important en périodes de morte-eau. Le brassage qui résultait des marées de vive-eau limitait les possibilités de concentration des chlorures au dépôt de quelques rares trémies de sel. Les marées d'équinoxe parachevaient cette action des marées de syzygie, amenant même parfois la dissolution d'une partie du gypse déposé pendant l'année et abandonnant de minces pellicules marneuses, souvent si nettes dans les lits les plus monotones de gypse saccharoïde.

Ce mécanisme de dépôt de gypse, dans lequel la notion rigide de barre est remplacée par une notion plus souple d'équilibre entre évaporation, apport d'eau, diffusion des substances dissoutes et subsidence, s'il a dû jouer en d'autres points du globe aux différents âges géologiques, semble avoir été réalisé avec le maximum de netteté dans le Golfe du Gypse Parisien. J'espère pouvoir le montrer d'une façon plus détaillée dans une étude synthétique.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er JUIN 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau de l'Académie le *Cours d'exploitation des mines*, par **Haton de la Goupillière**. Quatrième édition revue par **J. de Berc**.

*Notice sur la vie et les travaux d'*Auguste Lameere,
par M. **Maurice Caullery**.

Auguste Lameere, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie depuis le 17 juin 1918, est décédé le 6 mai 1942, à Bruxelles, où il était né le 12 juin 1864. Toute sa carrière s'est déroulée dans sa ville natale. Il y avait fait ses études à l'Université libre. Il était devenu, très jeune encore, professeur de Zoologie à cette Université, où il a enseigné jusqu'à sa retraite, à l'âge de 70 ans.

Toute l'activité d'A. Lameere a été consacrée à la science et à l'enseignement. C'était un laborieux, en même temps qu'un modeste, soutenu dans son effort par une conviction profonde et désintéressée; un esprit très cultivé, un homme d'une parfaite courtoisie. Il entretenait avec ses Collègues français des relations particulièrement étroites. Surpris à Roscoff par la guerre, en août 1914, il était resté en France jusqu'à la paix, à la fin de 1918, participant ainsi de façon très directe à la vie scientifique française.

L'œuvre zoologique de Lameere est variée et considérable, son activité ne s'étant jamais ralentie. Dans sa jeunesse, ce sont les Insectes qui l'ont d'abord le plus attiré, et il a publié d'assez nombreux travaux d'entomologie systématique, notamment sur les Coléoptères longicornes. Il concevait l'entomologie d'une façon très large, comme en témoigne le discours qu'il a prononcé en qualité de président du Premier Congrès International d'Entomologie (Bruxelles, 1910). Il associait intimement la morphologie et l'éthologie, le souci des problèmes généraux à l'observation des faits particuliers. C'est ainsi que ses recherches systématiques sur les Prionides l'ont conduit, sur les carac-

tères sexuels secondaires de ces animaux, à des constatations très suggestives qui sont à la base des conceptions récentes sur la croissance dysharmonique.

Le souci de son enseignement poussait Lameere à étendre autant que possible le champ de ses observations. Il a été ainsi rapidement conduit à réaliser une mise au point pratique de l'ensemble de la faune belge; de là est sortie sa *Faune de Belgique* (3 vol. in-16, 1895-1907), qui a rendu et rend encore de très précieux services.

D'autre part, la préoccupation des problèmes généraux a imposé de façon constante à son esprit l'idée de l'Évolution, qui est à l'arrière-plan de toutes ses recherches et publications. Ses observations systématiques, éthologiques, morphologiques, tendent toujours à en être des vérifications et à contribuer à reconstituer la filiation réelle des organismes, la phylogénie. Il était, dans ce domaine, très hardi et un peu trop enclin à des solutions catégoriques; il était un des zoologistes qui avaient le plus gardé les habitudes d'esprit et la façon de voir régnante dans les dernières décades du XIX[e] siècle et l'empreinte des conceptions d'E. Hæckel. En vertu de cette tendance, les groupes inférieurs du règne animal (et aussi du règne végétal) l'intéressaient particulièrement, comme plus propres à nous renseigner sur les étapes fondamentales de l'Évolution. Cela l'a conduit, en particulier, à ses recherches sur les Dicyémides (parasites du rein des Mollusques Céphalopodes) et une Note synthétique, qu'il a publiée à ce sujet dans les *Comptes rendus* (¹) de l'Académie, me paraît spécialement bien illustrer sa tournure d'esprit.

Ce souci du problème de l'Évolution l'a orienté aussi vers des recherches de paléontologie sur les Insectes. Il y a consacré plusieurs Mémoires et il a notamment fait, au Muséum de Paris, une révision des Insectes fossiles du houiller de Commentry.

Sans être particulièrement voyageur, il a poussé jusqu'au Sahara et publié, sur les Insectes du désert, d'intéressantes contributions, principalement d'ordre éthologique, en particulier sur les Fourmis et les Termites. Les problèmes de la vie sociale des Insectes l'intéressaient spécialement.

La pensée de l'enseignement ne le quittait jamais et l'avait poussé à la réalisation d'ouvrages didactiques spécialement à l'usage des étudiants. Dans ces dernières années, il avait entrepris, sous le modeste titre de *Précis de Zoologie*, un ouvrage considérable, dont le but, défini par lui-même, était de n'être, ni un manuel élémentaire, ni un traité exhaustif, mais bien de faciliter la formation de ceux qui aspirent à devenir zoologistes, la zoologie ayant toujours été pour lui « une science à cultiver pour elle-même, ayant son but en soi ». Cet Ouvrage a une allure très caractéristique, reflétant exactement l'esprit et la personnalité de l'auteur. Il représente un effort considérable, extrêmement consciencieux et méthodique. Sa publication, commencée en 1927, comprend à l'heure actuelle,

---

(¹) *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 1058.

cinq volumes terminés et le début du sixième. Celui-ci, consacré aux Vertébrés, n'est qu'en partie rédigé; le temps aura manqué à Lameere pour achever sa tâche. Beaucoup des Notes publiées, chemin faisant, par lui se rattachaient plus ou moins directement à la publication de cet ouvrage, qui rend et rendra, en particulier aux étudiants français, d'importants services.

Les courtes indications qui précèdent montrent l'homogénéité de la carrière d'Aug. Lameere et les services rendus par lui à la zoologie de son époque.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les chocs entre neutrons et noyaux.* Note de M. **Paul Langevin.**

J'ai donné récemment ([1]) l'expression de la probabilité dP, pour un neutron de masse m et de grande énergie initiale E_0, ralenti par ses chocs contre des noyaux de masse M, de prendre au moins une fois une énergie cinétique E comprise dans un intervalle infiniment petit donné dE. En posant

$$(1)\quad \alpha = \frac{M-m}{M+m}, \quad C = \frac{E_0}{E}, \quad a = L\frac{1}{\alpha^2}, \quad x = L\frac{1}{C}, \quad \varepsilon = \frac{a}{1-\alpha^2}, \quad y = \frac{x}{1-\alpha^2},$$

i et k étant des entiers, on a, pour chaque intervalle tel que

$$ia \leqq x \leqq (i+1)a \quad \text{ou} \quad i\varepsilon \leqq y \leqq (i+1)\varepsilon,$$

$$(2)\quad dP = \frac{dC}{1-\alpha^2} \sum_{k=0} (-1)^k \varphi_k(y - k\varepsilon) = F\, dC$$

avec

$$\varphi_k = \frac{1}{k!}(y+k)y^{k-1}e^y.$$

Pour $M = m$ (protons) l'expression (2) se réduit à la forme déjà connue

$$(3)\quad dP = \frac{dC}{C} = \frac{dE}{E}.$$

Dans ce cas la discontinuité que subit la fonction F à la fin du premier intervalle ($i = 0$) est rejetée à l'infini.

D'après une intéressante remarque de M. F. Joliot sur les résultats que j'ai obtenus dans l'application numérique de la formule (2) au cas des deutons et des hélions, la fonction F, au delà de la discontinuité, se rapproche rapidement de la forme asymptotique

$$(4)\quad F = Ae^x = \frac{A}{C},$$

d'où, pour dP, la forme asymptotique

$$dP = A\frac{dC}{C} = A\frac{dE}{E}.$$

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 517.

La constante A dépend uniquement du rapport $\mu = M/m$ de la masse du noyau à celle du neutron.

Je voudrais montrer ici, que, dans le cas général où μ est quelconque, la fonction F satisfait à une équation intégrale qui admet une solution de la forme (4) vers laquelle doit tendre F à mesure que se poursuit le processus de ralentissement du neutron par ses chocs successifs contre les noyaux et que s'efface l'influence de la valeur initiale E_0 de l'énergie cinétique. Je montrerai, en outre, que la constante A prend la valeur très simple $\mu/2$ avec approximation d'autant plus grande que μ est plus grand, et déjà très suffisante au point de vue expérimental lorsque μ est égal à 12, ce qui correspond au cas du noyau de carbone ordinaire.

Pour former l'équation intégrale cherchée, remarquons que, si E' représente l'énergie cinétique du neutron avant le choc qui amène cette énergie dans l'intervalle dE en lui faisant prendre la valeur E à un infiniment petit près, on a, d'après la relation fondamentale établie dans ma précédente Note ([1]),

$$E = E'[\alpha^2 + (1 - \alpha^2)\varpi],$$

ϖ étant la probabilité, variable entre 0 et 1, pour que ce dernier choc se produise dans des conditions comprises entre celles du choc central pour lequel l'énergie initiale E' a sa valeur maximum E/α^2 et celles qui correspondent à la valeur E' de cette énergie. Si nous posons, conformément aux notations (1),

$$x = L\frac{E_0}{E} = L\frac{1}{C}, \qquad x' = L\frac{E_0}{E'} = L\frac{1}{C'},$$

la relation (5) s'écrit

$$e^{x'-x} = \alpha^2 + (1 - \alpha^2)\varpi$$

et donne par conséquent

$$(6) \qquad d\varpi = \frac{1}{1-\alpha^2} e^{x'-x} dx'.$$

D'autre part, pour que le dernier choc, se produisant dans les conditions caractérisées par ϖ, amène l'énergie finale dans l'intervalle dE, il faut, d'après (5), que E' se trouve dans l'intervalle dE' tel que

$$(7) \qquad \frac{dE'}{dE} = \frac{dC'}{dC} = \frac{E'}{E} = e^{x-x'}.$$

La probabilité dP' pour que ce dernier choc ait son énergie initiale E' comprise dans l'intervalle ainsi défini dE' est, d'après (2),

$$dP' = F(x')\,dC' = F(x')\,e^{x-x'}dC$$

et l'on a, en faisant varier les conditions du choc, c'est-à-dire ϖ entre 0 et 1,

$$dP = dC\int_0^1 e^{x-x'}F(x')\,d\varpi = F(x)\,dC,$$

d'où

$$F(x) = \int_0^1 e^{x-x'} F(x')\, d\varpi.$$

En posant

$$x - x' = z$$

et en remarquant que z varie de a à o d'après (5) lorsque ϖ varie de 0 à 1, on obtient, en tenant compte de (6),

$$(8) \qquad F(x) = \frac{1}{1-\alpha^2} \int_0^a F(x-z)\, dz.$$

C'est là l'équation intégrale très simple à laquelle satisfait la fonction F. On s'assure facilement, en tenant compte de la valeur de a définie en (1), que cette équation admet une solution de la forme (4), quelle que soit la valeur de la constante A.

On s'assure également que la solution (2) satisfait à l'équation intégrale (8); il suffit pour cela de remarquer que la fonction φ_k qui figure dans cette solution peut s'écrire

$$\varphi_k = \frac{1}{k!} \frac{d}{dy}(y^k e^y).$$

On peut vérifier que la solution exacte (2) ne s'écarte appréciablement de la forme (4) que pour des valeurs de x comprises dans les tout premiers intervalles de la série 0, a, $2a$, ..., ia; elle tend rapidement vers cette forme lorsque l'énergie cinétique E du neutron a diminué par rapport à sa valeur initiale E_0 dans une proportion qui dépend du rapport μ des masses. Lorsque ce rapport augmente, les chocs deviennent moins efficaces pour réduire l'énergie du neutron, une même diminution de celle-ci exige un plus grand nombre de chocs et la loi asymptotique (4) s'établit plus rapidement, c'est-à-dire pour une moindre valeur de x.

Un fait remarquable est que la constante A de la loi asymptotique, fonction seulement du rapport μ des masses, tend rapidement vers $\mu/2$ quand μ augmente. On s'en assure facilement en calculant les valeurs numériques de la fonction F par la formule (2) pour des valeurs de y de la forme $i\varepsilon$, ce qui n'exige qu'un nombre limité de termes en φ_k lorsque l'entier i n'est pas trop grand. On peut ainsi vérifier la rapidité avec laquelle s'établit la loi asymptotique (4), déterminer la constante A et constater que dès la valeur 10 du rapport μ des masses, cette constante se confond pratiquement avec $\mu/2$.

M. Léon Guillet fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée École Centrale des Arts et Manufactures. *Séance commémorative en l'honneur de M.* Émile Picard.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de représentation conforme de Helmholtz : cas d'un contour sans tangente.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Paul Montel.

Les notations et les hypothèses relatives aux données sont celles de ma *Thèse* (1). Le contour donné $\widehat{BC}$ sera maintenant défini dans le plan Oxy par une équation de la forme

(1) $$x = x(y), \quad y_1 \leqq y \leqq y_2,$$

où y_1 et y_2 sont les ordonnées des extrémités B et C de $\widehat{BC}$, supposées bornées, et où la fonction $x(y)$ est assujettie à vérifier une condition de Lipschitz :

(2) $$|x(y) - x(y')| \leqq \cot\mathrm{g}\,\varphi\,|y - y'|,$$

(3) $$0 < \varepsilon \leqq \varphi \leqq \frac{\pi}{2}.$$

D'après (2) et (3), $\widehat{BC}$ possède une longueur finie L (2). Ceci étant, nous nous proposons de montrer que le problème de Helmholtz [cas du sillage (3)], posé pour la configuration $\mathcal{C}$, correspondant à $\widehat{BC}$, possède au moins une solution (4). Approchons indéfiniment $\widehat{BC}$ au moyen de lignes polygonales inscrites dans cet arc. La ligne polygonale à n côtés, P_n, a ses extrémités confondues avec celle de $\widehat{BC}$; la longueur de chaque côté de P_n tend vers zéro avec $1/n$. Il en résulte que $\lim_{n=\infty} P_n = \widehat{BC}$ au sens de M. T. Rado (5) et que l'ensemble des longueurs des P_n est majoré par L. Chaque P_n étant inscrite dans $\widehat{BC}$, la fonction caractéristique $\Psi_n(l)$, attachée à P_n [cf. p. 169, *loc. cit.* (1)], vérifie les conditions [cf. (3)]

$$\varepsilon \leqq \Psi_n(l) \leqq \pi - \varepsilon.$$

Par suite, on peut appliquer à la configuration $\mathcal{C}_n$ (6), attachée à P_n, les théorèmes d'existence énoncés dans une précédente Note (7). A chaque $\mathcal{C}_n$, il correspond donc au moins une fonction $z_n(t)$, définie et univalente dans le

(1) *Thèse* (*Journ. de Math.*, 9e série, **20**, 1941, pp. 35-303), cf. le paragraphe 23.

(2) Il serait aisé d'étendre les hypothèses relatives à $\widehat{BC}$ moyennant quelques précisions concernant la régularité de $\widehat{BC}$ dans le voisinage de B et C.

(3) Cf. *loc. cit.* (1).

(4) Nous ignorons si la solution est unique.

(5) *Acta litter. ac scient. regiae universitatis Francisco-Josephinæ*, **1**, III, 1923, p. 1.

(6) Cf. *loc. cit.* (1). La configuration $\mathcal{C}_n$ sera donc définie par P_n et par deux droites parallèles μ_1 et μ_2 entre lesquelles se trouve P_n.

(7) *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 464-466.

demi-plan supérieur $\mathfrak{T}$ et au moins un choix de deux paramètres a_n et b_n ($-\infty < a_n < -1$, $1 < b_n < \infty$) ([8]), de telle sorte que : 1° l'image $\mathfrak{A}_n$ [cf. le § 23, *loc. cit.* ([1])] de $\mathfrak{T}$ par $z_n(t)$ est un domaine simplement connexe du plan $z = x + iy$, étranger à la portion de ce plan limitée par P_n, les droites $y = y_1$ et $y = y_2$ et contenant le point $x = +\infty$; 2° aux segments réels $-\infty \leq t \leq a_n$, $b_n \leq t \leq \infty$ $z_n(t)$ fait correspondre respectivement les bords μ_2 et μ_1 de $\mathcal{C}_n$; 3° au segment réel $-1 \leq t \leq 1$, $z_n(t)$ fait correspondre P_n, et cela de façon que [cf. (2) et *loc. cit.* ([1]), p. 193]

$$(4)\qquad |z_n(t) - z_n(t')| \leq \frac{2\sqrt{2}\pi(1 + \cot g\varphi L)}{|\log(t - t')|^{\frac{1}{2}}} \qquad \text{pour } n = 1, 2, \ldots, \infty \qquad \begin{matrix} -1 \leq t \leq 1, \\ -1 \leq t' \leq 1. \end{matrix}$$

4° aux segments réels $a_n \leq t \leq -1$; $1 \leq t \leq b_n$, $z_n(t)$ fait correspondre les lignes libres λ_{2n} et λ_{1n} respectivement; 5° en chacun des points $t = a_n$, $t = b_n$, $z_n(t)$ possède une singularité logarithmique; 6° les fonctions $z_n(t)$ sont prolongeables analytiquement à travers les images de μ_2, λ_{2n}, λ_{1n} et μ_1 dans le plan $\mathfrak{T}$.

Ceci étant, remarquons que d'après l'alinéa 1° ci-dessus, les $z_n(t)$ possèdent dans $\mathfrak{T}$ des valeurs exceptionnelles; on en déduit que l'ensemble des fonctions $z_n(t)$ forme une famille normale [au sens de M. P. Montel ([9])], dans chaque domaine Δ intérieur à $\mathfrak{T}$ (c'est-à-dire étranger à sa frontière et ne contenant pas le point $t = \infty$). Nous pouvons, dès lors, extraire de l'ensemble $z_n(t)$ ($n = 1, 2, \ldots, \infty$) une suite infinie convergeant uniformément dans Δ vers une fonction limite, holomorphe et univalente. Nous allons montrer que l'on peut choisir cette suite de manière à en assurer la convergence uniforme jusque sur la frontière de $\mathfrak{T}$. En effet, d'après les alinéas 2, 4 et 5, il existe une telle suite [en considérant, au besoin, la suite auxiliaire $1/z_n(t)$, pour définir la convergence en les points singuliers] qui converge uniformément pour des valeurs réelles de t, étrangères à l'intervalle $-1 \leq t \leq 1$; d'après l'alinéa 6, la fonction limite sera analytique sur les portions : $-\infty < t < a$; $a < t < -1$; $1 < t < b$; $b < t < \infty$ (où a et b désignent les points limites des suites a_n et b_n) de l'axe réel. Enfin les fonctions $z_n(t)$, également continues sur la portion restante de la frontière de $\mathfrak{T}$ (cf. l'alinéa 3), appartiennent sur cet intervalle à un ensemble compact. On pourra donc extraire, de la suite précédente des $z_n(t)$, une suite partielle infinie, convergeant uniformément dans $\mathfrak{T}$ et sur sa frontière

---

([8]) Contrairement au mode d'exposition du paragraphe 23 [*loc. cit.* ([1])], nous utiliserons le domaine $\mathfrak{T}$ de préférence au domaine F [*loc. cit.* ([1]), § 8]. On a ainsi l'avantage de pouvoir assigner un domaine de définition commun à toutes les fonctions $z_n(t)$. Nous supposons, par ailleurs, que les bords rectilignes μ_2 et μ_1 de $\mathcal{C}$ sont à des distances finies, $|a| < \infty$; $b < \infty$. Il serait facile d'adapter les raisonnements au cas où l'un des bords ou les deux seraient rejetés à l'infini. Pour les inégalités $|a| > 1$, $b > 1$, on se reportera à la page 189 de *loc. cit.* ([1]).

([9]) *Leçons sur les familles normales des fonctions analytiques*, 1927, pp. 61-64.

vers une fonction limite $z(t)$ satisfaisant à (4). En adaptant au cas considéré les raisonnements de M. Montel ([10]), on montre que la fonction $z(t)$ ainsi obtenue, résout effectivement le problème de Helmholtz posé relativement à $\mathcal{C}$.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité de l'onde de choc dans les aspirateurs soniques.* Note de MM. **Jean Villey** et **Charles Daniel**, présentée par M. Albert Caquot.

On a montré ([1]) que la condition de stabilité $(dk/d\sigma_5) < 0$ ([2]) de l'onde de choc dans le divergent d'un aspirateur sonique est satisfaite par les valeurs de k calculées en supposant l'écoulement isentropique en amont et en aval de l'onde de choc. Si la perte de charge par frottement $(-\Delta k)$ subissait, pour un déplacement $d\sigma_5 > 0$, une diminution plus grande que la diminution $(-dk)$ prévue par le calcul isentropique, la condition de stabilité $[d(k+\Delta k)/d\sigma_5] < 0$ ne serait plus satisfaite.

Pour voir si cette éventualité est à craindre, on peut faire une évaluation approximative de la perte de charge $(-\Delta k)$ en assimilant chacun des éléments successifs dx du divergent à un élément de conduit cylindrique de même section s et en extrapolant la loi de Blasius, qui donne ([3])

$$(-\delta p) = \frac{0,0395}{\alpha d_4^{0,25}} \mu^{0,25} \rho^{0,75} u^{1,75} \frac{\delta\sigma}{\sigma^{1,125}}.$$

On peut à cette approximation en ajouter une autre, en remplaçant l'état inconnu (u, ρ, μ) par l'état peu différent qui serait réalisé au même point dans l'écoulement supposé isentropique : on sait en calculer les caractéristiques en fonction de σ dans l'écoulement supersonique, et en fonction de σ et de σ_5 dans l'écoulement subsonique. Il est d'ailleurs commode de prendre pour paramètres, comme dans la Note précédente, $\pi = (p/p_3)$(amont) et $\pi' = (p/p'_3)$ (aval).

On arrive ainsi, par des calculs qui seront développés ailleurs, à deux expressions distinctes de $(-\delta p/p_3)$ en amont et en aval de l'onde de choc, qui contiennent l'une et l'autre en facteur la variation $\delta\sigma$ correspondant à chacun des éléments δx successivement envisagés.

On peut alors calculer, en opérant par petits intervalles $\delta\sigma$ successifs, la

---

([10]) *Loc. cit.* ([9]), pp. 98 et sq. Le fait que $z_n(t)$ vérifie la condition (4) simplifie beaucoup la démonstration.

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, 345.

([2]) Nous utilisons ici la notation $k = (p_7/p_3)$ au lieu de la notation x employée dans la Note susvisée; x sera réservé pour désigner l'abscisse comptée suivant l'axe du divergent; σ représente le rapport s/s_4; le rapport s_5/s_4 qui était désigné par σ dans la Note précédente sera noté ici σ_5.

([3]) d_4 est le diamètre du col sonique, α la pente de la génératrice du divergent par rapport à son axe, μ la viscosité de l'air, ρ sa densité et u sa vitesse d'écoulement.

perte de charge par

$$(-\Delta k) = (-\Delta_1 k) + (-\Delta_2 k) = \int_1^{\sigma_5} \left(\frac{-\partial p}{p_3}\right) + \int_{\sigma_5}^{\Sigma} \left(\frac{-\partial p}{p_3}\right).$$

Les calculs, effectués pour un diamètre au col de 2 mètres, une pente des génératrices du cône de 0,06, et un diamètre de sortie double ($\Sigma = 4$), et pour l'état de départ ($p_3 = 10^6$ baryes, $T_3 = 273 + 15 = 288$), ont donné les résultats suivants :

σ_5.	k.	$(-\Delta_1 k)$.	$(-\Delta_2 k)$.	$(-\Delta k)$.	$k + \Delta k$.	$k + \Delta_2 k$.
1,014	0,984	0,000095	0,002351	0,002446	0,9816	0,9817
1,038	0,976	0,000265	2253	2518	9745	9748
1,076	0,961	532	2109	2641	9584	9589
1,133	0,936	919	1933	2852	9332	9341
1,218	0,895	0,001457	1721	3178	8918	8933
1,345	0,836	2172	1478	3650	8324	8345

Le terme stabilisateur $(-\Delta_1 k)$ l'emporte sur le terme décroissant $(-\Delta_2 k)$ pour donner une somme $(-\Delta k)$ croissante, qui augmente la stabilité prévue par le calcul isentropique.

On notera toutefois que l'extrapolation de la loi de Blasius devient très hasardeuse dans l'écoulement supersonique. En effet le gradient de pression y est négatif comme dans un convergent subsonique; or ce sont les gradients positifs qui provoquent les décollements. De plus le fait que les perturbations ne peuvent pas remonter vers l'amont ne semble pas laisser place à des mouvements tourbillonnaires analogues à ceux de la turbulence subsonique.

Mais, même si l'on négligeait complètement le terme stabilisateur $(-\Delta_1 k)$, la pression de sortie $(k + \Delta_2 k)$ resterait encore décroissante, comme on le voit dans la dernière colonne du tableau ci-dessus.

MOTEURS THERMIQUES. — *Sur la similitude des installations motrices à turbines à gaz* (1). Note de M. **Marcel Sédille**, présentée par M. Albert Caquot.

Les installations motrices à turbines à gaz à combustion continue comprennent essentiellement, dans leur forme la plus simple, un compresseur d'air, une chambre de combustion et une turbine. Souvent on adjoint à l'installation ainsi conçue un récupérateur qui utilise les calories restantes des gaz d'échappement au réchauffage de l'air avant son entrée dans la chambre de combustion.

Le fonctionnement d'une telle installation dépend non seulement de la charge du groupe, mais également de la valeur de certains paramètres dont

(1) Voir *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 682-685.

l'utilisateur n'est pas toujours maître. En particulier les caractéristiques de l'air aspiré dépendent du moment et du lieu. Ces paramètres sont :

1° la température de l'air extérieur,

2° la pression atmosphérique,

3° le degré d'humidité.

Dans le cas où le compresseur est muni de réfrigérants à eau, il faut y ajouter : la température d'entrée d'eau, qui, lorsqu'il s'agit d'eau réfrigérée, dépend de la température et du degré d'humidité de l'air extérieur, et qui dépend aussi du moment, avec une inertie incomparablement plus grande, lorsqu'il s'agit d'eau de rivière.

Si le combustible est liquide, sa température de réchauffage est de peu d'importance; lorsqu'il s'agit d'un combustible gazeux, les conditions dans lesquelles il se trouve à l'aspiration du compresseur de gaz peuvent, par contre, avoir une importance non négligeable.

Il est intéressant de savoir comment varient les conditions de fonctionnement d'une telle installation lorsque change la valeur de ces paramètres, soit qu'il s'agisse d'installations pouvant fonctionner à des valeurs très différentes de ceux-ci, soit pour permettre, par exemple, de ramener des résultats d'essais à des conditions uniformes.

Comme on le sait, toutes les courbes de fonctionnement d'un compresseur peuvent être représentées par la relation fonctionnelle générale

$$\frac{P_f}{P_0},\ \rho = f\left(\frac{I}{a_0 r^2 \varpi_0},\ \frac{u}{a_0}\right),$$

expression dans laquelle P_0 et P_f désignent les pressions d'aspiration et de refoulement du compresseur, ρ son rendement, a_0 la vitesse du son dans le fluide à l'aspiration, ϖ_0 le poids spécifique à l'aspiration, u la vitesse périphérique d'un rouet de référence de rayon r, et I le débit-poids.

Lorsque, comme c'est le cas, un changement de fluide n'est pas en jeu, on peut se servir, pour résumer les diverses conditions de fonctionnement possibles, d'un compresseur, lorsque changent les conditions d'aspiration, d'un graphique donnant simplement P_f/P_0 et ρ en fonction de $I\sqrt{T_0}/P_0$ pour différentes valeurs de u/a_0.

Ces résultats peuvent être facilement étendus au cas d'une turbine et ne sont d'ailleurs que l'expression des théorèmes généraux de similitude. Ils s'appliquent au cas d'une installation à turbines à gaz; les variables au nombre de n se ramènent alors à $(n - 3)$ seulement variables indépendantes réduites.

Lorsqu'il s'agit par exemple d'une installation à combustible liquide ou solide, ne comportant aucun réfrigérant, les variables de fonctionnement sont P_0, T_0, la quantité de chaleur Q introduite par combustible dans l'unité de temps, le couple résistant C et une dimension de référence r de l'appareil. Elles se ramènent aux deux seules variables réduites $gQ/a^3r^2\varpi_0$, Q étant

exprimé en unités mécaniques, et $gC/a^2r^3\varpi_0$, leur forme étant donnée par des raisons d'homogénéité.

En ne gardant dans leurs expressions, et ceci pour faciliter les calculs pratiques, que les quantités qui dépendent uniquement des caractéristiques de l'air à l'aspiration, on peut les écrire sous la forme $Q/P_0\sqrt{T_0}$ et C/P_0.

Pour chaque régime caractérisé par la valeur de l'invariant $Q/P_0\sqrt{T_0}$, il existe une valeur du couple réduit C/P_0 qui donne une puissance utile maximum, c'est-à-dire un rendement optimum. On peut alors tracer sur un seul graphique donnant en fonction de la charge réduite du groupe $W/P_0\sqrt{T_0}$, la valeur de la vitesse réduite optimum du groupe $u/\sqrt{T_0}$, cette valeur optimum pouvant par exemple être obtenue par une régulation, et la consommation réduite correspondante $Q/P_0\sqrt{T_0}$. On peut y reporter également la valeur des différentes variables dépendantes représentant le fonctionnement du groupe, rapport de compression P_f/P_0, débit-poids d'air réduit $I\sqrt{T_0}/P_0$, température réduite en amont de la turbine T_a/T_0 etc. Ces courbes peuvent être obtenues préventivement par le calcul ou être déduites des essais.

Pour des conditions de charge données W et des valeurs imposées des paramètres P_0, T_0, il est alors facile d'obtenir les différentes caractéristiques de fonctionnement d'un groupe. On voit en particulier que, si l'on impose comme conditions de fonctionnement limites une valeur maximum de la température à l'amont de la turbine T_a, une variation de la pression P_0 ne change aucunement l'adaptation des différents éléments de l'appareil, non plus que le régime des températures. Le débit-poids, la puissance fournie et la consommation varient comme P_0, de même que certaines contraintes mécaniques.

Par contre, lorsque T_0 change, pour une valeur maximum de T_a donnée, l'adaptation des différents éléments change, de même que le rendement qui est d'autant meilleur que la température T_0 est plus faible.

Lorsque le groupe comporte des réfrigérants, en dehors de la variable $W/P_0\sqrt{T_0}$, le fonctionnement dépend aussi de la variable réduite T_{eau}/T_0 et de différentes variables de la forme $I_{eau}\sqrt{T_0}/P_0$, l'utilisateur étant en général maître de donner à ces dernières telle ou telle valeur. Si le nombre de ces réfrigérants est assez grand, et si la compression se rapproche d'une isotherme, la variable T_{eau} prend une grande importance au détriment de celle T_0 dont l'influence diminue pour autant naturellement qu'elle ne conditionne pas la valeur de la première, par l'intermédiaire d'un réfrigérant à air par exemple.

PHYSIQUE. — *Application du système d'entretien à amplitude autostabilisée à un pendule élastique.* Note de M. **Jean Abelé**, présentée par M. Camille Gutton.

J'ai étudié, sous le nom d'oscillateur à amplitude autostabilisée [1], un type

[1] *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 841.

d'oscillateur défini par l'adjonction au système d'équations

(1) $$x\,dx + y\,dy + 2Ry\,dx = 0,$$

(2) $$\omega y = \frac{dx}{dt}$$

de la relation

(3) $$R = -a + b\sqrt{x^2 + 2Rxy + y^2} \qquad (0 < a < 1;\ 0 < b).$$

La propriété de cet oscillateur d'admettre un régime stationnaire à la fois sinusoïdal et stable, excluant toute influence de l'entretien sur la forme et la fréquence de l'oscillation, en recommande l'adoption comme étalon de fréquence ou comme garde-temps. Aussi en ai-je tenté une réalisation technique sous la forme d'un pendule élastique entretenu.

Le pendule est constitué par un aimant suspendu à un ressort hélicoïdal en élinvar. L'aimant est formé de plusieurs pièces, dont les unes sont en ferro-cobalt à champ coercitif élevé et les autres en ferronickel à haute perméabilité. Le barreau central plonge dans une bobine à axe vertical portant deux enroulements à prise médiane.

Le premier enroulement est intercalé entre les plaques de deux lampes électroniques à caractéristique parabolique montées en opposition. Le second est relié aux grilles par l'intermédiaire de deux condensateurs shuntés fonctionnant en détecteur et rendant la tension négative moyenne des grilles proportionnelle à l'amplitude de vitesse du pendule.

Six conditions doivent être réalisées pour que l'entretien se fasse conformément aux principes posés dans l'étude théorique rappelée ci-dessus :

a. Le ressort doit travailler dans un domaine de déformation pour lequel la force élastique développée est proportionnelle au déplacement vertical de l'aimant.

b. La vitesse de dissipation d'énergie doit être à chaque instant proportionnelle à la valeur actuelle de l'énergie cinétique.

c. Le flux de l'induction magnétique à travers la surface de la section supérieure des enroulements doit être égal au flux total à travers la section médiane de l'aimant, le flux à travers la section inférieure des enroulements doit être nul; et cela dans toutes les positions traversées par l'aimant.

d. Les spires des enroulements plaque et grille doivent être régulièrement espacées le long de la bobine et leur couplage doit être assez faible pour qu'il n'y ait pas amorçage d'oscillations électriques.

e. L'intensité du courant modulé par le relais différentiel à lampes doit être proportionnelle à la tension de commande, quand l'amplitude a atteint sa valeur de régime permanent.

f. En régime transitoire le coefficient S de cette loi de proportionnalité doit décroître linéairement en fonction, soit de l'amplitude, soit de l'excès de l'amplitude sur une amplitude de seuil A_0; sa valeur S_0 pour une amplitude

égale ou inférieure à A_0 devant assurer l'amorçage des oscillations du pendule.

La description des dispositifs destinés à réaliser ces conditions, ainsi que les relations qui permettent de déterminer les paramètres théoriques en fonction des constantes expérimentales et le calcul de leur valeur numérique seront publiées dans un autre Recueil.

ÉLECTROTECHNIQUE GÉNÉRALE. — *Sur la transformation d'un courant monophasé en courant polyphasé, et* vice versa *au moyen d'appareils statiques*. Note de M. **Joseph Bethenod**, présentée par M. Camille Gutton.

En 1904, j'ai indiqué qu'on pouvait réaliser un champ tournant parfaitement circulaire au moyen d'un courant monophasé, en mettant à profit des effets d'induction mutuelle; cette réalisation correspond en fait à la transformation d'un courant monophasé, en un système de courants polyphasés *équilibré* (1). Huit ans plus tard, j'ai établi la proposition inverse, à savoir que ces effets permettent également la transformation, par des moyens purement statiques, d'un système de courants polyphasés *équilibré* en un courant monophasé (2). Enfin en 1924, j'ai développé cette proposition, en démontrant que la transformation ne nécessite la présence d'aucun condensateur ou appareil équivalent, mais qu'alors le facteur de puissance du système polyphasé d'alimentation ne peut dépasser 0,7. Le schéma que j'ai imaginé à cette époque, en vue d'une utilisation spéciale, est particulièrement simple (3), étant donnée l'importance théorique actuelle de la proposition susdite, notament dans les questions relatives à la *puissance fluctuante*, je crois bon d'en exposer ici le théorie, qui n'a encore fait l'objet d'aucune publication.

Considérons un réseau diphasé équilibré de pulsation ω, et branchons sur une des phases l'enroulement d'un transformateur, tandis que l'autre enroulement, identique au premier, est couplé en série avec l'appareil d'utilisation, cet ensemble étant connecté à la seconde phase du réseau. Désignons par R la résistance de l'appareil d'utilisation traversé par le courant I, par L l'inductance totale, supposée identique pour chacun des circuits ainsi définis, par M, le coefficient d'induction mutuelle du transformateur, et enfin par I' et U', le courant et la tension de la première phase. On peut écire symboli-

(1) Voir en particulier *Bulletin de la Société internationnale des Électriciens*, 3e série, 7, 5 juillet 1917, p. 213.

(2) *Bulletin de la Société internationnale des Électriciens*, 6e série, 1, 3 juin 1941, p. 213.

(3) Dans le brevet français correspondant déposé par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques se trouve indiqué un artifice très simple permettant de satisfaire à la condition (2), même lorsque R est variable.

quement

$$(1) \quad \begin{cases} U = L\omega I' + M\omega I_j \\ U' = L\omega I_j + M\omega I'_j + RI' \end{cases} \quad (j = \sqrt{-1}),$$

U étant la tension de la seconde phase.

Admettons que c'est la tension U' qui est en avance sur U (soit $U' = Uj$), et que le problème est résolu, les phases du réseau diphasé étant équilibrées ($I' = Ij$); l'élimination du rapport U/I entre les deux égalités (1) fournit immédiatement la condition

$$(2) \quad R = 2M\omega.$$

D'autre part, en remplaçant I_j par I' dans la première, elle devient

$$(3) \quad U' = L\omega I'_j + M\omega I',$$

ce qui montre bien que le facteur de puissance, défini d'après cette dernière égalité, par

$$(4) \quad \cos\varphi = \frac{M}{\sqrt{M^2 + L^2}},$$

est nécessairement inférieur à 0,7 (puisque le quotient M/L est toujours plus petit que l'unité). Il est d'ailleurs évident qu'en levant la réactance Lω dans chacun des circuits diphasés par le moyen de condensateurs, ce facteur de puissance peut être ramené à l'unité. On retrouve alors le schéma que j'ai proposé en 1912 pour alimenter une antenne par un alternateur diphasé à haute fréquence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence d'une déformation préalable sur la décomposition des austénites au refroidissement.* Note de MM. **Henri Jolivet** et **Jean de Lacombe**, présentée par M. Léon Guillet.

La décomposition isotherme des austénites s'effectue, dans le domaine supérieur de transformation, par un processus de germination et croissance. Les courbes *quantité tranformée-temps* comportent, après une période d'inhibition (1), une période initiale accélérée et une période finale retardée.

Nous avons observé que cette cinétique est modifiée d'une manière essentielle par la déformation de l'austénite. L'application d'une charge, au cours de la transformation, n'est susceptible de modifier la cinétique de décomposition qu'autant qu'elle s'accompagne d'une déformation notable. Par contre, une déformation préalable de l'austénite modifie la cinétique en l'absence de toute charge appliquée au cours de la transformation. Cette modification se traduit par la diminution et même la disparition du temps d'inhibition et par une accélération de la période initiale.

(1) H. Jolivet et A. Portevin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 687.

Les différences ainsi observées sont dues à un accroissement très important du nombre N des centres de tranformation, alors que la vitesse de croissance G de ces centres n'est pas sensiblement modifiée.

A titre d'exemple, les courbes (*fig.* 1 et 2) représentent la progression de la

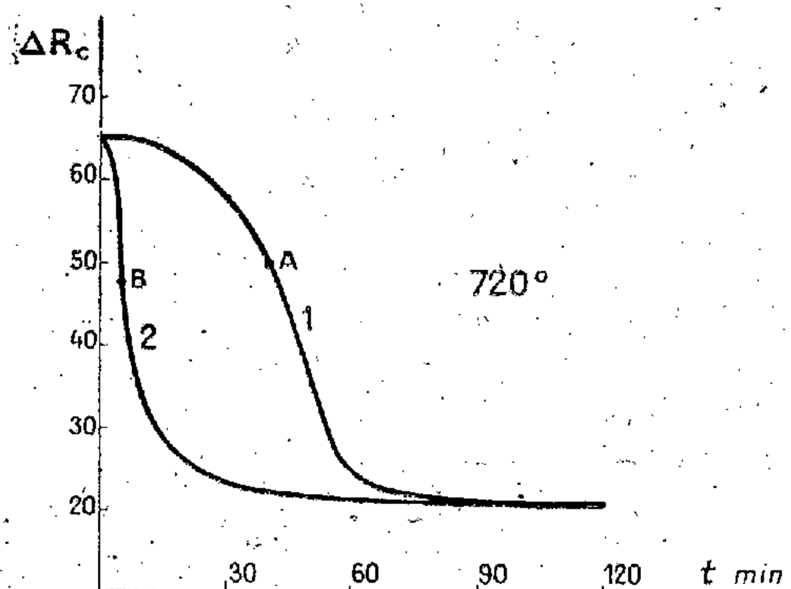


Fig. 1.

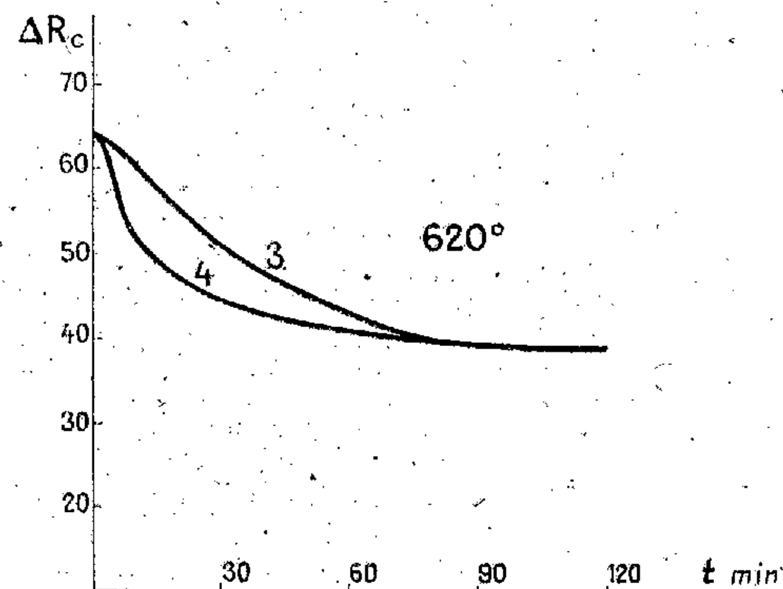


Fig. 2.

décomposition caractérisée par la variation de dureté, dans des éprouvettes cylindriques d'un acier ayant pour composition centésimale : C 0,65, Cr 1,00, Mo 0,60, chauffées à 900°, puis maintenues à température constante respectivement à 720° (courbes 1 et 2) et à 620° (courbes 3 et 4) dans le domaine supérieur de décomposition Ar'. Les unes (courbes 1 et 3) ont été obtenues sans déformation préalable, les autres (courbes 2 et 4) après une compression

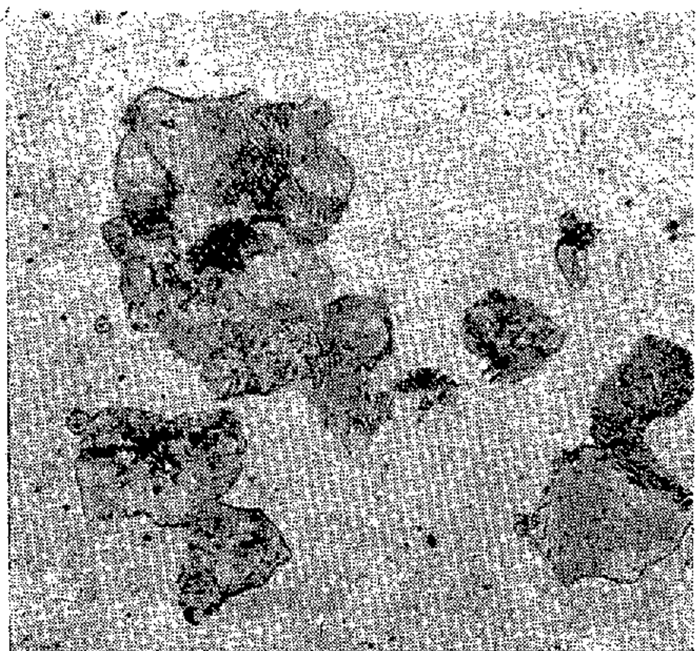


Fig. 3. — (× 265).

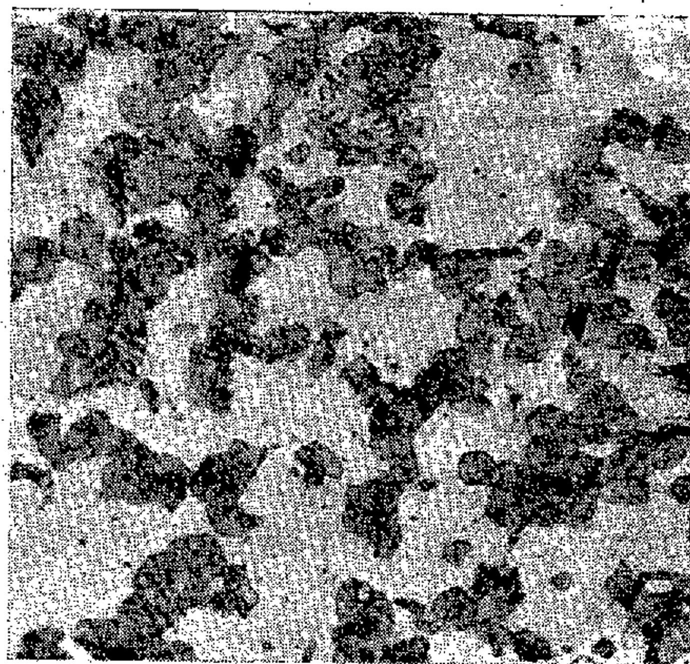


Fig. 4. — (× 265).

de 30 % effectuée avant le maintien isotherme [2]. Les photomicrographies (*fig.* 3 et 4), correspondant aux points A et B des courbes 1 et 2, montrent

[2] La modification est conforme à celle que prévoit la représentation proposée par Johnson et Mehl (*Metals Technology*, 1939, *Techn. Publ.*, 1089) lorsque N croît, G demeurant constant.

l'accroissement du nombre des centres de transformation. On observe que l'influence de la déformation est plus marquée aux températures supérieures (720°) qu'aux températures inférieures (620°) du domaine de transformation; fait qui doit être rattaché aux variations relatives de N et G avec la température ([3]).

Il apparaît donc que, dans une transformation qui s'opère par germination et croissance, une déformation préalable peut accélérer le phénomène en augmentant le nombre des centres sans agir notablement sur leur vitesse de croissance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le diméthyl-2.4 pentadiène-1.3 et ses dérivés.* Note de M. **René Jacquemain**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré ([1]) que l'oxyde de mésityle, traité par les magnésiens, donne une série d'alcools tertiaires très instables, se déshydratant pour donner des carbures diéthyléniques. Le premier terme de cette série, le diméthyl-2.4 pentadiène-1.3 a été obtenu par V. Grignard ([2]), puis par Auwers et Eisenlohr ([3]), H. I. Waterman et W. J. C. de Kok ([4]) qui, après avoir préparé ce carbure par diverses méthodes, en ont donné des constantes notablement différentes. Tout récemment G. Dupont et L. Menut ([5]), au cours d'une étude sur l'hétérogénéité de l'oxyde de mésityle, ont montré que le diène obtenu par déshydratation de l'alcool résultant de la condensation oxyde de mésityle et bromure de magnésium est un mélange hétérogène bouillant entre 93° et 95°.

Il m'a cependant été possible de préparer par cette méthode le diméthyl-2.4 pentadiène-1.3 pur et de déterminer ses constantes physiques. Ceci n'infirme en rien les conclusions des derniers auteurs, quant à l'hétérogénéité de l'oxyde de mésityle, au contraire; car, ayant préparé moi-même 20^{kg} d'oxyde de mésityle et ayant systématiquement éliminé par des rectifications répétées les portions de tête dans lesquelles G. Dupont et L. Menut caractérisent le méthyl-2 pentène-1 one-4, il est normal que je n'arrive pas au même produit.

L'obtention du carbure pur est assez délicate, par suite de la grande facilité d'entraînement de l'oxyde de mésityle et aussi de l'oxydabilité du diène. On doit partir d'oxyde de mésityle fraîchement distillé à la colonne Robert ($É_{732,6}$ 126,3, n_D^{15} 1,4472), condenser avec le bromure de méthylmagnésium après dosage de ce dernier. Le complexe est décomposé par le chlorure

([3]) H. Jolivet, *Iron and Steel Inst.*, **140**, 1939, p. 110.

([1]) *Comptes rendus*, **199**, 1939, p. 1315.

([2]) *Ann. de Chim.*, 7e série, **24**, 1901, p. 477.

([3]) *J. prakt. Chem.*, **82**, 1910, p. 75.

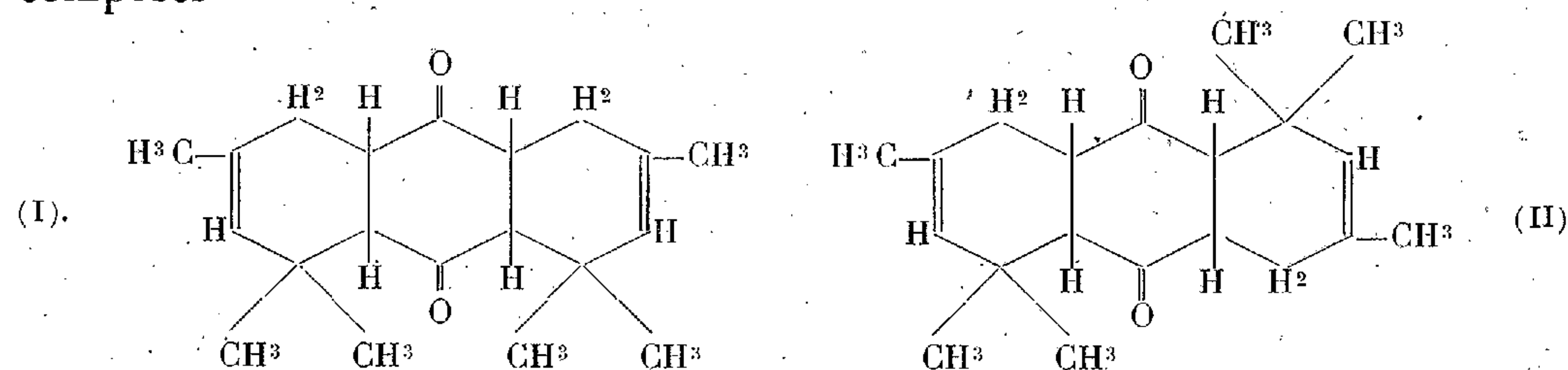
([4]) *Rec. Trav. Chim. P.-B.*, **52**, 1933, p. 234.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **6**, 1939, p. 1215.

d'ammonium, puis l'alcool ayant été convenablement rectifié sous pression réduite, on le déshydrate par ébullition prolongée sous pression atmosphérique; on rectifie sur le sodium jusqu'à obtention d'un point d'ébullition fixe. Ces opérations doivent toutes être effectuées à l'abri de la lumière et dans une atmosphère d'azote. $É_{754}$ 91°,2-91°,5; d_4^{20} 0,7398; n_D^{20} 1,4418; R. M. tr. 34,35; R. M. calc. 33,59. Très volatil, odeur d'essence minérale. L'ozonolyse confirme la formule.

Condensation du diméthyl-2.4 pentadiène-1.3 avec l'anhydride maléique. — On obtient l'anhydride triméthyl-3.3.5 Δ_4-tétrahydro-*o*-phtalique; belles aiguilles blanches, fines et soyeuses. F 51°,5. Très solubles à froid dans l'éther, l'alcool, le benzène, solubles à chaud dans la ligroïne, se transforme par ébullition avec l'eau en acide triméthyl-3.3.5 (Δ_4)-tétrahydro-*o*-phtalique : cristaux épais blanc crème, F 200°,5, très solubles dans l'éther, l'alcool, le dioxane, peu solubles dans l'eau bouillante.

Condensation avec la benzoquinone. — On ne peut obtenir la condensation d'une molécule de benzoquinone et d'une de carbure, mais seulement celle de deux molécules de carbure pour une de quinone, ce qui peut fournir deux composés



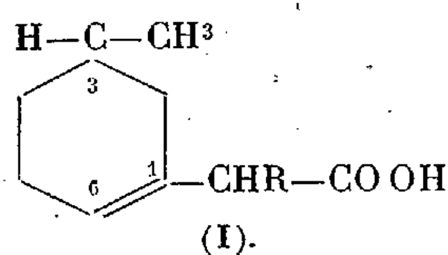
Expérimentalement, et quelles que soient les conditions, on n'obtient qu'un seul composé, une hexaméthyl-hexahydroanthraquinone $C^{20}H^{28}O^2$, dont la structure serait à déterminer, soit (I), soit (II), laquelle se présente en aiguilles incolores et transparentes, F 171°. Très solubles à froid dans l'éther, solubles dans le benzène, solubles dans l'alcool bouillant, peu solubles dans l'alcool froid, très peu solubles dans l'éther de pétrole. Calculé pour $C^{20}H^{28}O^2$, P. M. 300; C % 80; H % 9,33; trouvé, P. M. 302; C % 80,20; H % 9,28. Dioxime se décomposant vers 250-260°. Calculé pour $C^{20}H^{30}O^2N^2$, N % 8,48; trouvé, N % 8,52.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouveaux acides, alcools et aldéhydes méthylcyclohexaniques actifs.* Note de MM. **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Marcel Delépine.

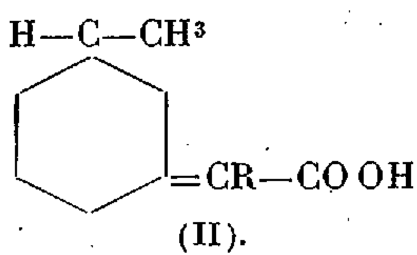
Cette étude, qui fait suite à des recherches antérieures ([1]), intéresse surtout des composés dans lesquels le groupement fonctionnel *extranucléaire* est séparé

([1]) M. Mousseron et R. Granger, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1500.

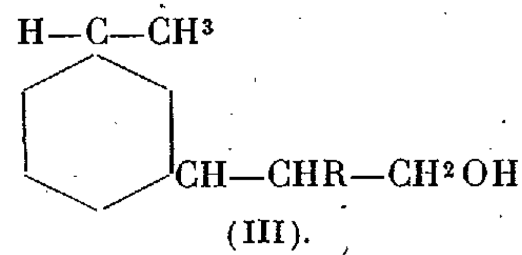
du cycle par un seul atome de carbone :



(I).



(II).



(III).

I. Acides méthylcyclohexéniques. — *Acide (méthyl-3 cyclohexène-6)-yl carboxylique.* — Il provient de la saponification de son ester méthylique ou éthylique obtenu par action de l'éthylate de sodium sur le méthyl-3 chloro-1 cyclohexanecarbonate de méthyle ou d'éthyle (ester méthylique $[\alpha]_{546} + 77°,62$ $[\alpha]_{579} + 67°,71$; ester éthylique $[\alpha]_{546} + 40°,44$; $[\alpha]_{579} + 40°,50$).

Acides (méthyl-3 cyclohexen-6)-yl acétique et (méthyl-3 cyclohexen-6)-yl α-propionique [type (I)]. — L'action du bromacétate d'éthyle sur la méthyl-3 cyclohexanone-1 active en milieu benzénique et en présence de zinc conduit au (méthyl-3 hydroxy-1 cyclohexyl) acétate d'éthyle (²). Déshydraté par le sulfate acide de potassium, il donne le (méthyl-3 cyclohexène-6)-yl carbonate d'éthyle [type (I)]; par emploi de l'anhydride acétique, il se forme l'ester (méthyl-3 cyclohexylidène) acétique [type (II)].

Par le même mécanisme, le bromo-2 propionate d'éthyle fournit le (méthyl-3 hydroxy-1 cyclohexyl) propionate d'éthyle actif qui, déshydraté, conduit aux esters homologues des précédents.

Le fractionnement de ces esters cycléniques établit l'existence d'un seul isomère, la double liaison occupant toujours la position 6.

	n_D^{25}.	d_{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	$[M]_{546}$.
Acide (méthyl-3 cyclohexène-6)-yl			°	°	°
carboxylique	1,4845	1,0557	+65,49	+57,70	+ 91,68
Ester méthylique	–	–	+56,50	+49,90	+ 94,92
Acide (méthyl-3 cyclohexène-6)-yl					
acétique	1,4791	1,0204	+73,20	+64,19	+112,73
Ester méthylique	1,4626	0,9747	+63,65	+55,73	+106,93
Ester éthylique	1,4595	0,9484	+61,98	+54,27	+112,80
Ester propylique *n*	1,4597	0,9418	+42,64	+37,33	+ 83,57
Acide (méthyl-3 cyclohexène-6)-yl					
α-propionique	1,4785	1,0099	+78,71	+68,68	+132,20
Ester méthylique	1,4622	0,9638	+69,67	+60,81	+126,80
Ester éthylique	1,4579	0,9425	+63,27	+55,50	+124,00
(Méthyl-3 cyclohexylidène) acétate					
d'éthyle	1,4725	0,9577	−69,95	−59,49	−127,31
(Méthyl-3 cyclohexylidène) α-pro-					
pionate d'éthyle	1,4673	0,9570	−12,77	−10,86	− 25,03

II. Acides méthylcyclohexaniques. — Les acides non saturés à double liaison

(²) Auwers et Ellinger, *Ann. d. Chem.*, 387, 1912, p. 200.

semi-cyclique ne peuvent être préparés à partir de leurs esters, la saponification entraînant le déplacement de la double liaison qui devient cyclique.

L'hydrogénation au platine en milieu acétique des esters éthyléniques conduit aux esters saturés et, par suite, aux acides, lesquels n'ont été trouvés que sous une seule forme stéréochimique.

	n_D^{25}.	d_{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	$[M]_{546}$.
Acide (méthyl-3 cyclohexyl) acétique	1,4606	0,9874	−6°,86	−6°,03	−10°,56
Ester méthylique	1,4456	0,9434	−5,21	−4,64	− 8,85
Ester éthylique	1,4436	0,9273	−4,96	−4,42	− 9,12
Ester propylique *n*	1,4446	0,9125	−5,39	−4,80	−10,67
Ester butylique *n*	1,4455	0,9181	−5,14	−4,56	−10,89
Acide (méthyl-3 cyclohexyl) α-propionique	1,4649	0,9906	−1,95	−1,69	− 2,31
Ester méthylique	1,4492	0,9409	−2,83	−2,44	− 5,20
Ester éthylique	1,4465	0,9265	−2,54	−2,28	− 5,21
Ester propylique *n*	1,4485	0,9206	−2,53	−2,20	− 5,36

III. Alcools et aldéhydes méthylcyclohexaniques. — Les esters des acides saturés, hydrogénés en solution alcoolique par le sodium, donnent naissance aux alcools [(type III)] et, après oxydation, aux aldéhydes correspondants :

	n_D^{25}.	d_{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	Semi-carbazone F
(Méthyl-3 cyclohexyl) éthanol	1,4701	0,9487	−7°,59	−6°,65	–
(Méthyl-3 cyclohexyl) α-propanol	1,4669	0,9550	−2,35	−2,12	–
(Méthyl-3 cyclohexyl) éthanal	1,4626	0,9272	−5,92	−5,22	131—132°
(Méthyl-3 cyclohexyl) α-propanal	1,4650	0,9251	−1,37	−1,15	143—144

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la régénération de la tête des Mollusques Gastéropodes.* Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

La possibilité d'une régénération de l'extrémité céphalique sectionnée chez les Mollusques gastéropodes, affirmée par Spallanzani en 1768, a fait, à diverses reprises, l'objet de controverses. Il est généralement admis que la faculté de régénération est limitée à des portions plus ou moins grandes du tégument céphalique et qu'elle exige l'intégrité des organes internes. Nonne (1) a cependant obtenu, chez l'Escargot, la régénération de l'œil, après l'ablation du ganglion cérébroïde correspondant.

J'ai repris l'étude de cette régénération chez divers Limacidés qui constituent un matériel favorable. Les interventions, pratiquées sur de jeunes individus,

(1) Nonne, *Arch. f. Entw.-Mech.*, 105, 1925, p. 430.

sont facilitées par la section préalable de la partie libre du bouclier, qui dégage la tête et provoque l'extension complète de l'animal.

1° En pratiquant des sections transversales ou obliques de l'extrémité céphalique, éliminant le mufle et les deux paires de tentacules avec les yeux, mais n'entraînant pas l'expulsion du bulbe buccal, j'ai constaté, dans un certain nombre de cas, la régénération complète de tous ces organes. J'ai observé également diverses régénérations anormales et le défaut de régénération de certains des organes amputés. Les organes non régénérés font définivement défaut : chez une *Limax ater*, opérée depuis plus d'un an et qui a poursuivi sa croissance, l'un des petits tentacules tactiles est toujours manquant.

2° Si la section transversale de la tête est faite à un niveau plus postérieur (plus proche du poumon que de l'extrémité antérieure du corps), elle entraîne l'expulsion du bulbe buccal, qui doit être extirpé par section de l'œsophage pour permettre la cicatrisation. Toute lésion du collier nerveux entraîne rapidement la mort de l'animal; mais, si cet organe est resté intact, les animaux décapités et privés de bulbe buccal demeurent en vie. De jeunes *Limax cinereo-niger* Wolf, ainsi opérées, ont été conservées durant quatre mois, mais n'ont présenté aucune régénération des organes céphaliques.

3° En pratiquant une section sagittale de l'extrémité antérieure et une demi-section transversale; j'extirpe une moitié, droite ou gauche, de la tête, en même temps que le bulbe buccal. Les résultats de cette intervention sont assez variés et dépendent sans doute du niveau de la section transversale; mais j'ai constaté, dans un certain nombre de cas, la régénération du tentacule oculaire et de l'œil du côté amputé, en dépit de l'absence totale du bulbe buccal et du jeûne auquel sont soumis obligatoirement les animaux.

4° J'ai démontré nettement la non-intervention du bulbe buccal dans la régénération des organes céphaliques, en extirpant préalablement le bulbe buccal sans amputation des téguments. Cette extirpation peut être réalisée de différentes façons, notamment en pratiquant une fente sagittale du tégument céphalique dorsal. L'opération est suivie d'une cicatrisation rapide. Quelques jours après, les opérés sont amputés, en même temps que des témoins intacts, d'un tentacule oculaire avec l'œil correspondant. Dans ces conditions, la régénération de ce tentacule est aussi complète et aussi rapide chez les opérés que chez les témoins : elle demande environ un mois et demi chez de jeunes *Limax cinereo-niger*.

Ainsi la régénération des organes tégumentaires céphaliques est indépendante des organes internes et, en particulier, de l'extrémité antérieure du tube digestif. L'absence de régénération constatée à la suite de décapitations au niveau postérieur n'est imputable, ni au jeûne, ni à l'élimination du bulbe buccal. Tous les faits s'interprètent en admettant que la régénération de chaque organe céphalique n'est possible que dans les limites d'un territoire ou champ tégumentaire déterminé, dont l'ablation complète a pour résultat l'absence définitive de l'organe correspondant.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la flore aromatique du Maroc. Essence de Lavande pédonculée.* Note de MM. **Jean Gattefossé** et **Georges Igolen**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La Lavande pédonculée (*Lavandula pedunculata,* Cavanille var. *atlantica* Braun-Blanquet) a pour habitat presque exclusif le Maroc. Son essence n'a été jusqu'ici que très sommairement étudiée (Schimmel, J. Gattefossé); la bibliographie sera détaillée dans un autre Recueil.

L'échantillon que nous décrivons ici a été obtenu en pays Zaer (Maroc), par distillation des fleurs fraîches, à feu nu, avec un rendement de 0,135 à 0,25 %. Les constantes étaient

d^{15} 0,9489; n_D^{20} 1,4784; α_D^{20} −16°; I.A. 4,2; I.E. avant acétylation 13,30, après acétylation 63,13; indice de carbonyle 107,52 (soit camphre 29,18%); esters (en acétate de bornyle) 4,90%; alcools totaux (en bornéol) 17,99%.

Séparation et identification des constituants. — I. *Phénols.* — 1500g d'essence ont été épuisés deux fois avec 600cm³ de soude à 3%. Après lavage à l'éther de pétrole, on traite par un courant de CO^2 et épuise à l'éther. La solution éthérée fournit, par distillation, 19g,9 de phénols, consistant surtout en *carvacrol* (d^{15} 0,979), caractérisé par son *phényluréthane*, F 139° et son *éther dinitro-2.4 phénylique*, F 77° (essais de fusion mélangée pour ces deux corps).

II. *Acides libres.* — De la solution sodique, traitée par un acide minéral, on régénère les acides libres, qu'on estérifie par l'alcool éthylique. Par fractionnement, on isole deux portions

a.	E_{10} 110°;	d^{15} 0,9487;	n_D^{20} 1,4552;
b.	E_{14} 135°;	d^{15} 0,9914;	n_D^{20} 1,4756.

Ces esters, à odeur fruitée, n'ont pu être identifiés. Les acides correspondants sentaient le Chrysanthème, la Camomille.

III. *Bases.* — L'essence, ainsi privée de phénols et d'acides, a été alcalinisée et épuisée à l'éther.

L'éther, évaporé, abandonne des traces d'une base à odeur puissante de quinoléine.

IV. *Esters.* — Les 1420g d'essence restant alors sont saponifiés, additionnés d'eau et épuisés à l'éther. La liqueur sodique est évaporée au bain-marie et le résidu chauffé à l'ébullition, pendant 3 heures, avec 300cm³ d'alcool à 95° et 25g d'acide sulfurique, ce qui provoque la mise en liberté des acides et leur transformation en esters éthyliques. On neutralise, chasse l'alcool et entraîne à la vapeur d'eau. Le distillat se sépare en deux couches. L'une, aqueuse, a une forte odeur *d'acétate d'éthyle*; on y met en évidence la présence de l'*acide acétique* par la formation de l'*acétate de p-bromophénacyle*, F 84° (essai de mélange).

L'autre couche, insoluble dans l'eau, à odeur fruitée, présente les constantes

$$d^{15}\ 0,9845;\quad n_D^{20}\ 1,4826;\quad \text{I. E. } 218,4.$$

On n'a pu en caractériser l'acide.

V. *Alcools.* — L'essence privée par saponification des acides de ses esters, et pesant alors 1413^g, a été séchée, puis chauffée pendant 4 heures à 120-125° avec 50^g d'acide borique pulvérisé, et distillée rapidement sous un vide de 4^{mm}. On saponifie les esters boriques et entraîne à la vapeur les alcools libérés. C'est uniquement du *l-bornéol*, identifié par son point de fusion, F 203° et son *phtalate acide*, F 164° (essais de mélange). Le pouvoir rotatoire du phtalate acide $[\alpha]$ — 27°,20 est identique à celui du phtalate acide provenant de l'essence de Camomille marocaine.

VI. *Terpènes.* — L'essence, débarrassée de ses alcools, est alors fractionnée à la pression atmosphérique. Au-dessous de 180° on recueille une fraction à odeur de térébenthine et de cinéol. Par lavage avec une solution de résorcine à 50 % on isole le complexe cinéol-résorcine, F 81° (essai du mélange) qui, par saponification, libère le *cinéol*, $É_{750}$ 170-175°. Il reste alors 255^g d'un carbure qui est le *β-pinène*, $É_{726}$ 155-156°, α_D^{10} — 20°,45', caractérisé par la *semicarbazone* de son produit d'oxydation, la *nopinone*, F 226° et par l'*acide nopinique* résultant, F 126° (essais de mélange). L'essai de Bertram et Walbaum ayant été positif, on devait supposer en outre la présence du camphène, mais on n'a pu le mettre en évidence, la formation d'acétate d'isobornyle pouvant aussi bien se faire à partir des pinènes α ou β qu'à partir du camphène.

Après distillation jusqu'à 180°, il reste une importante fraction solide, 400^g environ. La plus grande partie est sublimable et est identifiée comme étant le *camphre* F 178°, $[\alpha]_D^{15}$ — 32°,40'; *semicarbazone* F 232° (mélange).

Le résidu non sublimable est distillé sous 5^{mm}. Il abandonne des cristaux dont le point de fusion se fixe à 109° et qui possèdent une forte odeur de camphre et de menthol avec la même saveur caractéristique; nous y reviendrons ultérieurement.

Enfin une dernière portion, $É_5$ 110°, a comme constantes :

$$d^{15}\ 0,9241;\quad n_D^{20}\ 1,5130;\quad \alpha_D^{20} - 26°,48'.$$

C'est un carbure à odeur douce, légèrement boisée. Il donne un *dichlorhydrate*, F 117-118°, qu'on identifie avec celui du *l-cadinène* (mélange).

Conclusions. — En résumé, nous avons pu caractériser, dans l'essence de Lavande pédonculée du Maroc, les principaux constituants suivants :

Carvacrol, β-pinène, cinéol, *l*-bornéol (libre et estérifié), *l*-camphre, acide acétique (estérifié), un corps solide fondant à 109° et *l-cadinène*.

La teneur en *l*-camphre, assez rare dans la nature, est remarquablement élevée. Cette huile essentielle, étant donné sa constitution, pourrait être utilisée

avantageusement en parfumerie et pharmacologie (elle doit certainement posséder un coefficient de phénol élevé).

Il est intéressant de constater que ses constituants sont pratiquement les mêmes que ceux qu'ont identifiés Palfray, Sabetay et Petit dans l'essence de *Lippia adœnsis* Hochst, fait de nature à ouvrir des horizons insoupçonnés sur les propriétés de la flore aromatique africaine.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'autolyse des Bacilles tuberculeux.* Note (1) de M. **Roger Laporte**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

De toutes les espèces microbiennes asporulées, celles du genre *Mycobacterium*, qui comprend les Bacilles tuberculeux des Mammifères et des Oiseaux, sont parmi les plus résistantes aux agents de lyse microbienne. Il est banal d'observer la persistance quasi indéfinie de formes bacillaires intactes dans les abcès anciens et les vieilles cultures.

Mais cela ne veut pas dire que l'on ne puisse pas rencontrer aussi dans ces cultures âgées des formes très nettes de dégénérescence bacillaire, d'intensité d'ailleurs variable suivant la souche et les conditions nutritives (2). Ces formes proviennent d'une transformation granulaire des corps microbiens, qui se fragmentent et perdent leur propriété tinctoriale spécifique, la résistance à la décoloration par les acides. En même temps des produits solubles diffusent dans le milieu, notamment des protéides, des protides plus simples du groupe des protéoses et des polyosides, donnant, par hydrolyse, des sucres réducteurs.

La dégénérescence des Bacilles en culture se poursuit pendant très longtemps, même après la mort du plus grand nombre des éléments constitutifs de la culture, comme on peut s'en rendre compte en procédant à des ensemencements successifs, tous les 15 jours par exemple, d'un poids défini de bacilles. Mais une stérilisation par la chaleur interrompt définitivement le cours de la lyse; il est donc logique de penser que c'est par l'action d'endoferments thermolabiles que s'opère cette désintégration, comparable dès lors aux phénomènes d'autolyse connus pour la plupart des espèces microbiennes.

Cette hypothèse peut être vérifiée en étudiant le comportement de cultures stérilisées par des antiseptiques dépourvus d'action antifermentaire. L'expérience a été faite avec deux souches particulièrement sensibles à la dégénérescence (humaine M6 et LA) et par l'emploi de toluène, d'éther, de chloroforme ou de thymol agissant pendant un temps prolongé, à l'état de vapeurs, sur les cultures placées dans l'étuve à 37°. Dans ces conditions, l'autolyse se poursuit aussi activement que dans les tubes témoins non soumis à l'action des

(1) Séance du 18 mai 1942.

(2) R. Laporte, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 138; *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 167.

antiseptiques. Par contre les vapeurs de formol entravent définitivement la dégénérescence.

Il est intéressant de signaler que l'action autolytique des ferments bacillaires ne s'effectue qu'en présence d'oxygène. Des cultures placées en tubes scellés ne s'autolysent pas, mais la désintégration des germes reprend son cours dès que l'on ouvre les tubes et s'interrompt, à nouveau, si on les scelle une seconde fois.

L'action fermentaire n'aboutit à la désagrégation des corps bacillaires qu'en raison d'une aptitude particulière de certains éléments à subir le mécanisme lytique. C'est pourquoi l'on rencontre toujours des bacilles qui conservent indéfiniment leur aspect normal, même dans les cultures des souches les plus sujettes à la lyse. Le milieu de culture dans lequel la désintégration des germes s'est opérée activement, de même que les cultures lysées elles-mêmes n'ont pas d'action favorisante sur la lyse des souches peu sensibles à ce processus. Toutes les cellules doivent contenir des ferments actifs mais dont l'action sur le germe lui-même ne devient apparente que si celui-ci est suffisamment fragile. On s'explique donc pourquoi le degré d'aptitude à la dégénérescence varie beaucoup suivant le type (le Bacille humain est le plus sensible), mais aussi suivant la souche et même d'après les caractéristiques essentielles des diverses lignées de germes qui constituent une seule souche. C'est ainsi que les différents milieux de culture sont plus ou moins favorables à la lyse suivant, sans doute, qu'ils se montrent plus ou moins aptes au développement de certaines lignées de bacilles spécialement vulnérables.

COMITÉ SECRET.

La Section de Mécanique, par l'organe de M. **H. Villat**, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *L. Lecornu* :

En première ligne...........	M. **Joseph Pérès**.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*.........	MM. **Henri Béghin**, **Maurice Roy**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

Conformément à une décision de l'Académie, l'élection aura lieu en la séance du 15 juin.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JUIN 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** annonce à l'Académie que la séance annuelle des prix aura lieu le lundi 21 décembre 1942.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur le ralentissement des neutrons.* Note (¹) de M. **PAUL LANGEVIN**.

La probabilité, pour un neutron lancé dans la matière avec une énergie cinétique E_0 de prendre, après un nombre quelconque de chocs, une énergie comprise entre E et $E + dE$ est, avec des notations déjà utilisées (²),

$$(1) \qquad dP = \frac{dC}{1-\alpha^2}\sum_{k=0}^{i}(-1)^k\varphi_k(y-k\varepsilon) = F\,dC,$$

où l'on a

$$\varphi_k = \frac{(-1)^k}{k!}(y+k)y^{k-1}e_y.$$

J'ai montré (³) que la fonction F satisfait, en posant $y = \frac{x}{1-\alpha^2}$, à l'équation intégrale

$$(2) \qquad F(y) = \int_0^a F(y-z)\,dz.$$

Cette équation admet également une solution de la forme Ae^x, où la constante A dépend uniquement du rapport $\mu = M/m$ de la masse du noyau à celle du neutron; de sorte que la fonction F tend rapidement, quand y (ou x) augmente, vers la forme asymptotique Ae^x, et la formule (1) peut être pratiquement remplacée par l'expression simple

$$dP = A\frac{dC}{C} = A\frac{dE}{E}.$$

(¹) Séance du 1er juin 1942.

(²) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 517.

(³) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 869.

J'ai signalé que la constante A se rapproche d'autant plus de la valeur $\mu/2$ que μ est plus grand, c'est-à-dire qu'il s'agit de noyaux plus lourds. Je voudrais montrer comment il est possible d'en obtenir l'expression en fonction de μ ou de α sous la forme

$$(3)\qquad A = \frac{1-\alpha^2}{1-\alpha^2+\alpha^2 L\alpha^2}$$

qui, développée en série suivant les puissances décroissantes de μ, devient

$$A = \frac{\mu}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{18\mu} + \frac{8}{135\mu^2} + \frac{4}{405\mu^3} + \ldots$$

L'expression simple $A = (\mu/2) + (1/3)$ devient exacte, à moins d'un millième près, dès que μ atteint la valeur 10, c'est-à-dire avant le carbone.

La démonstration de la formule (3) se déduit de la formule fondamentale [1]

$$(4)\qquad E = E'[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi],$$

où E' et E sont les énergies cinétiques du neutron avant et après le choc, ϖ la probabilité pour que E soit compris entre la valeur $\alpha^2 E'$ et la valeur E; ϖ variant de 0 à 1, E est toujours compris entre $\alpha^2 E'$ et E'. En différenciant (4) on obtient, pour une valeur donnée de E',

$$(5)\qquad dE = (1-\alpha^2)E'\,d\varpi.$$

Il résulte encore de la formule (4) que le rapport entre les énergies cinétiques du neutron avant et après le choc ne peut pas être supérieur à $1/\alpha^2$: aucun choc ne peut donc faire passer l'énergie E du neutron d'une valeur supérieure à E_1, à une valeur inférieure à $\alpha^2 E_1$; la probabilité P pour que, après un nombre quelconque de chocs, l'énergie cinétique tombe au moins une fois dans le domaine fini compris entre E_1 et $\alpha^2 E_1$ est donc égale à l'unité.

Pour voir comment cette probabilité est reliée à la somme des probabilités dP correspondant aux divers éléments dE de notre domaine fini, remontons à la définition de P. Soit N le nombre de neutrons émis, NP ou n le nombre de ceux qui subissent au moins un choc d'énergie finale comprise entre $\alpha^2 E_1$ et E_1.

Il est bien évident qu'on ne doit compter qu'une fois dans n chacun des neutrons qui subissent plusieurs chocs à l'intérieur du domaine; autrement dit, n est égal au nombre des chocs subis dans le domaine et ayant une énergie initiale supérieure à E_1, alors que le dP relatif à un élément dE du domaine fait intervenir tous les chocs se produisant dans dE et d'énergie initiale nécessairement supérieure à E. Il y a donc lieu de retrancher de dP la partie qui correspond aux chocs d'énergie initiale E' comprise entre E et E_1, c'est-à-dire comprise à l'intérieur du domaine tout en étant nécessairement supérieure à E. Si dP' est la probabilité pour qu'un choc ait lieu dans dE' et $d\varpi$ la probabilité

[1] *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 868.

pour que ce choc d'énergie finale E′ soit suivi d'un autre choc d'énergie tombant dans dE, on a, pour la partie cherchée, à retrancher de dP,

$$\int d\mathrm{P}'\,d\varpi = \frac{d\mathrm{E}}{1-\alpha^2}\int_{\mathrm{E}}^{\mathrm{E}_1}\frac{d\mathrm{P}'}{d\mathrm{E}'}\frac{d\mathrm{E}'}{\mathrm{E}'},$$

en utilisant pour $d\varpi$ son expression tirée de (7).

On aura donc, en vertu du raisonnement précédent,

$$(8)\qquad \int_{\alpha^2\mathrm{E}_1}^{\mathrm{E}_1}\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{E}}d\mathrm{E} - \frac{1}{1-\alpha^2}\int_{\alpha^2\mathrm{E}_1}^{\mathrm{E}_1}d\mathrm{E}\int_{\mathrm{E}}^{\mathrm{E}_1}\frac{d\mathrm{P}'}{d\mathrm{E}'}\frac{d\mathrm{E}'}{\mathrm{E}'}=1.$$

Si l'on suppose la région considérée suffisamment éloignée de la valeur initiale E_0 commune à tous les neutrons pour que la loi asymptotique (4) puisse y être considérée comme établie, on a

$$\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{E}}=\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{E}},\qquad \frac{d\mathrm{P}'}{d\mathrm{E}'}=\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{E}'}.$$

En substituant dans l'équation (6) et en effectuant les intégrations, on obtient immédiatement

$$\mathrm{A}\left[\mathrm{L}\frac{1}{\alpha^2}+1-\frac{1}{1-\alpha^2}\mathrm{L}\frac{1}{\alpha^2}\right]=1$$

ou

$$\mathrm{A}\left(1+\frac{\alpha^2\,\mathrm{L}\alpha^2}{1-\alpha^2}\right)=1,$$

d'où résulte l'expression (5) donnée plus haut et que confirment, avec une absolue précision, les applications numériques de la formule (2) que j'ai eu le temps d'effectuer jusqu'ici.

Pratiquement, pour tous les noyaux intéressants au point de vue du ralentissement des neutrons, on utilisera le résultat très simple

$$d\mathrm{P}=\left(\frac{\mu}{2}+\frac{1}{3}\right)\frac{d\mathrm{E}}{\mathrm{E}}.$$

Remarquons, en terminant, que le raisonnement qui a conduit à la formule (8) permet d'obtenir la probabilité P pour un intervalle quelconque d'étendue finie, compris par exemple entre la limite supérieure d'énergie E_1 et la limite inférieure E_2. La probabilité P, d'après ce qui précède, ne peut être inférieure à l'unité que si le rapport $\rho=\mathrm{E}_2/\mathrm{E}_1$ est supérieur à α^2, de manière qu'un neutron ne soit pas obligé de subir au moins un choc dans l'intervalle considéré. On obtient, dans ce cas, de manière analogue à (8),

$$\mathrm{P}=\int_{\mathrm{E}_2}^{\mathrm{E}_1}\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{E}}d\mathrm{E}-\frac{1}{1-\alpha^2}\int_{\mathrm{E}_2}^{\mathrm{E}_1}d\mathrm{E}\int_{\mathrm{E}}^{\mathrm{E}_1}\frac{d\mathrm{P}'}{d\mathrm{E}'}\frac{d\mathrm{E}'}{\mathrm{E}'}$$

et, si l'on suppose établie la loi asymptotique dans l'intervalle entre E_2 et E_1,

on obtient pour P la valeur

$$P = A\left(\frac{1-\rho}{1-\alpha^2} + \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2}\,L\rho\right)$$

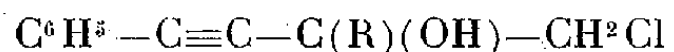
qui atteint l'unité, en vertu de la valeur (5) de A, lorsque ρ devient égal à α^2, et que la probabilité devient une certitude.

Lorsque l'intervalle augmente, ρ devenant inférieur à α^2, on peut vérifier [en donnant dans l'expression (9) les valeurs nécessaires aux limites de la dernière intégrale] que, soit pour la solution exacte (2), soit pour la forme asymptotique (5), la probabilité reste égale à l'unité, comme il est nécessaire, puisque aucun choc ne peut permettre à l'énergie du neutron de franchir d'un bond cet intervalle. Elle doit par conséquent, de façon certaine, y pénétrer au moins une fois.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Aptitudes migratrices des radicaux acétyléniques dans les réactions transpositrices. Étude du radical phénéthynyle dans la déshalogénation magnésienne des chlorhydrines* $C^6H^5C{\equiv}C(R)COH{-}CH^2Cl$. Note [1] de MM. **Marc Tiffeneau** et **Yves Deux**.

L'étude de la déshalogénation des halohydrines $(RR')COH{-}CH^2Cl$, dans lesquelles R′ est un radical acétylénique et R un radical quelconque, nous a permis de montrer que le radical heptynyle est susceptible d'émigrer lorsqu'on l'oppose à un méthyle, mais non plus lorsque le radical R est un phényle ou un éthyle, si bien que nous avons pu conclure que les aptitudes de ce radical acétylénique sont supérieures à celles du méthyle, mais inférieures à celles du phényle et de l'éthyle. L'heptynyle se comporte donc à cet égard comme un radical aliphatique dont les aptitudes migratrices, toujours inférieures à celles du phényle, se montrent intermédiaires entre celles du méthyle et de l'éthyle [2].

Nous avons poursuivi cette étude en l'appliquant au radical phénéthynyle $C^6H^5{-}C{\equiv}C{-}$ et en examinant le comportement de ce radical dans la déshalogénation magnésienne des chlorhydrines



$$C^6H^5{-}C{\equiv}C{-}C(R)(OH){-}CH^2Cl$$

dans lesquelles R a été un phényle, un éthyle et un méthyle. Dans les trois cas, cette réaction de déshalogénation a conduit aux cétones transposées conformément au schéma



$$C^6H^5{-}C{\equiv}C{-}C(R)(OMgBr){-}CH^2Cl \rightarrow R{-}CO{-}CH^2{-}C{\equiv}C{-}C^6H^5.$$

---

(1) Séance du 27 mai 1942.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 753.

La migration du radical phénéthynyle est donc évidente et celui-ci l'emporte par conséquent sur les trois radicaux que nous lui avons opposés. Ainsi le radical phénéthynyle se comporte à cet égard comme un radical aromatique dont les aptitudes migratrices sont non seulement supérieures, comme c'est la règle, à celles des radicaux aliphatiques éthyle et méthyle, mais aussi, ce qui était imprévisible, à celles du plus simple des radicaux aromatiques, le phényle.

Il nous reste à entreprendre la même étude en opposant d'autres radicaux aromatiques, notamment l'anisyle, dont on sait que les aptitudes migratrices l'emportent sur celles de tous les autres radicaux aromatiques.

Pour le moment, nous sommes amenés à constater qu'entre les deux radicaux acétyléniques que nous avons étudiés, l'heptynyle $C^5H^{11}C{\equiv}C—$ et le phényléthynyle $C^6H^5C{\equiv}C—$, il existe des différences bien tranchées au point de vue de leurs aptitudes migratrices, le premier se comportant comme un radical aliphatique et le second comme un radical aromatique. L'un et l'autre conservent donc le caractère qui leur est imprimé par le radical fixé sur la fonction acétylénique et ne sont que peu influencés par cette fonction elle-même, qui cependant semble renforcer les aptitudes migratrices du radical placé à son voisinage.

1° *Déshalogénation magnésienne du chloro-1 méthyl-2 butyne-3 ol-2. Obtention de la phényl-1 pentyne-1 one-4.* — Cette chlorhydrine a été préparée en faisant agir la chloracétone sur le dérivé magnésien $C^6H^5C{\equiv}C—MgBr$. Dans une solution éthérée de $BrMgC^2H^5$ on introduit lentement une solution éthérée de phénylacétylène; quand la réaction est terminée, on fait tomber, goutte à goutte, une solution éthérée de chloracétone en léger excès. On achève la réaction au bain-marie, puis, après refroidissement, on décompose par l'eau en présence de NH^4Cl. On obtient ainsi une solution éthérée de la chlorhydrine cherchée que l'on sèche soigneusement sur le sulfate de sodium anhydre. On a préparé d'autre part une solution éthérée de $BrMgC^2H^5$ qu'on introduit peu à peu dans la solution de la chlorhydrine. On chauffe alors une heure au réfrigérant à reflux, puis on évapore l'éther et on maintient le résidu pendant 30 minutes à 110°. Après refroidissement on décompose par l'eau glacée et le tout est soumis à l'entraînement à la vapeur d'eau. On épuise à l'éther les liquides entraînés; enfin, après dessiccation et évaporation de l'éther, on obtient un liquide que l'on distille ($É_{13}$ 134°, n_D^{19} 1,506) et qui est constitué par une cétone acétylénique, la phényl-1 pentyne-1 one-4, $C^6H^5C{\equiv}C—CH^2—CO—CH^3$. Par hydrogénation sur le nickel de Raney, on obtient en effet la phényl-1 pentanone-4 ($É_{35}$ 144°, n_D^{19} 1,510) dont la semicarbazone (F 185°) a été identifiée en la comparant avec celle fournie par une cétone qu'on a préparée synthétiquement en soumettant à l'oxydation chromique le phényl-1 pentanol-4 ($É_{16}$ 140-141°, n_D^{19} 1,518), obtenu en faisant agir


$C^6H^5—CH^2—CH^2—CH^2MgBr$

sur l'éthanal. La déshalogénation s'est donc accomplie suivant le schéma général formulé plus haut.

2° *Déshalogénation magnésienne du chloro-1 éthyl-2 phényl-4 butyne-3 ol-2. Obtention de la phényl-1 hexyne-1 one-4.* — On opère comme ci-dessus en remplaçant la chloracétone par son homologue $CH^2Cl—CO—C^2H^5$. On obtient ainsi une chlorhydrine dont le dérivé magnésien, préparé de la même façon, est déshalogéné par chauffage à sec à 110°. On isole alors une cétone acétylénique $C^{12}H^{12}O$ ($É_{13}$ 145-146°, n_D^{19} 1,512) dont la constitution $C^6H^5—C{\equiv}C—CH^2—CO—C^2H^5$ est établie par son hydrogénation catalytique en phényl-1 hexanone-4 ($É_{14}$ 132-134°, n_D^{19} 1,515) dont la semicarbazone (F 153-154°) a été identifiée par comparaison avec celle obtenue à partir d'une cétone synthétique résultant de l'oxydation chromique du phényl-1 hexanol-4 ($É_{14}$ 145-146°) préparé en faisant agir $C^6H^5(CH_2)_2CH^2MgBr$ sur le propanal.

3° *Déshalogénation magnésienne du chloro-1 diphényl-2.4 butyne-3 ol-2. Obtention de la diphényl-1.4 butyne-1 one-4.* — On a opéré, dans les mêmes conditions que dans les opérations précédentes, en remplaçant la chloracétone et son homologue par la chloracétophénone. La déshalogénation de la chlorhydrine obtenue a été effectuée de la même façon. L'on obtient finalement une cétone acétylénique $C^{16}H^{12}O$ ($É_{14}$ 195-196°, n_D^{18} 1,56) que l'hydrogénation catalytique transforme en diphényl-1.4 butanone-4 ($É_{18}$ 200°, n_D^{18} 1,555) et qu'on identifie par sa semicarbazone (F 170°) comparée à celle obtenue par oxydation acétochromique du diphényl-1.4 butanol-4 ($É_{13}$ 199-200°, n_D^{19} 1,549) préparé en faisant agir $C^6H^5—CH^2—CH^2—CH^2MgBr$ sur l'aldéhyde benzoïque.

CYTOLOGIE. — *Production par certains individus de Lombriciens de spermatides normales et de spermatides nucléolées en parité numérique.* Note de M. **Édouard Chatton** et Mlle **Odette Tuzet**.

Le nucléole est considéré comme un élément purement végétatif. L'observation le montre évincé des phénomènes de multiplication et de sexualité. Rares sont les auteurs qui mentionnent sa présence dans la lignée spermatogénétique. Son évolution n'y a pas été suivie.

Nous observons chez certains individus de deux espèces de Lombriciens, *Lumbricus herculeus* (= *L. terrestris*) et *Allolobophora chlorotica*, un nucléole qui persiste plus ou moins longtemps au cours de la spermatogénèse, parfois jusqu'à l'achèvement des spermies. Sa présence détermine alors des anomalies dont l'ensemble constitue une véritable *maladie nucléolaire du sperme*. Son évolution prolongée aboutit à la production en parité numérique de spermies anucléolées ou normales (*fig.* 12) et de spermies subnucléolées (*fig.* 11) peut-être non fonctionnelles.

Chez tous les Lombriciens que nous connaissons, il y a un nucléole sphérique

(et un ou deux pseudonucléoles) dans le noyau de chaque gonie (*fig.* 1). A la métaphase il est abandonné dans le cytoplasme, passe dans une cellule-fille pour en être ensuite expulsé. Au moment de la reconstitution des noyaux-fils un nouveau nucléole est régénéré dans chacune d'elles (*fig.* 2). Chez la majorité des individus de *Lumbricus herculeus* (= *L. terrestris*), cette régénération fait défaut dans les jeunes noyaux des dernières gonies des cytes et des spermatides, et la spermiogénèse se déroule normale.

Par contraste avec ce cas étudions celui où, le nucléole se reconstituant

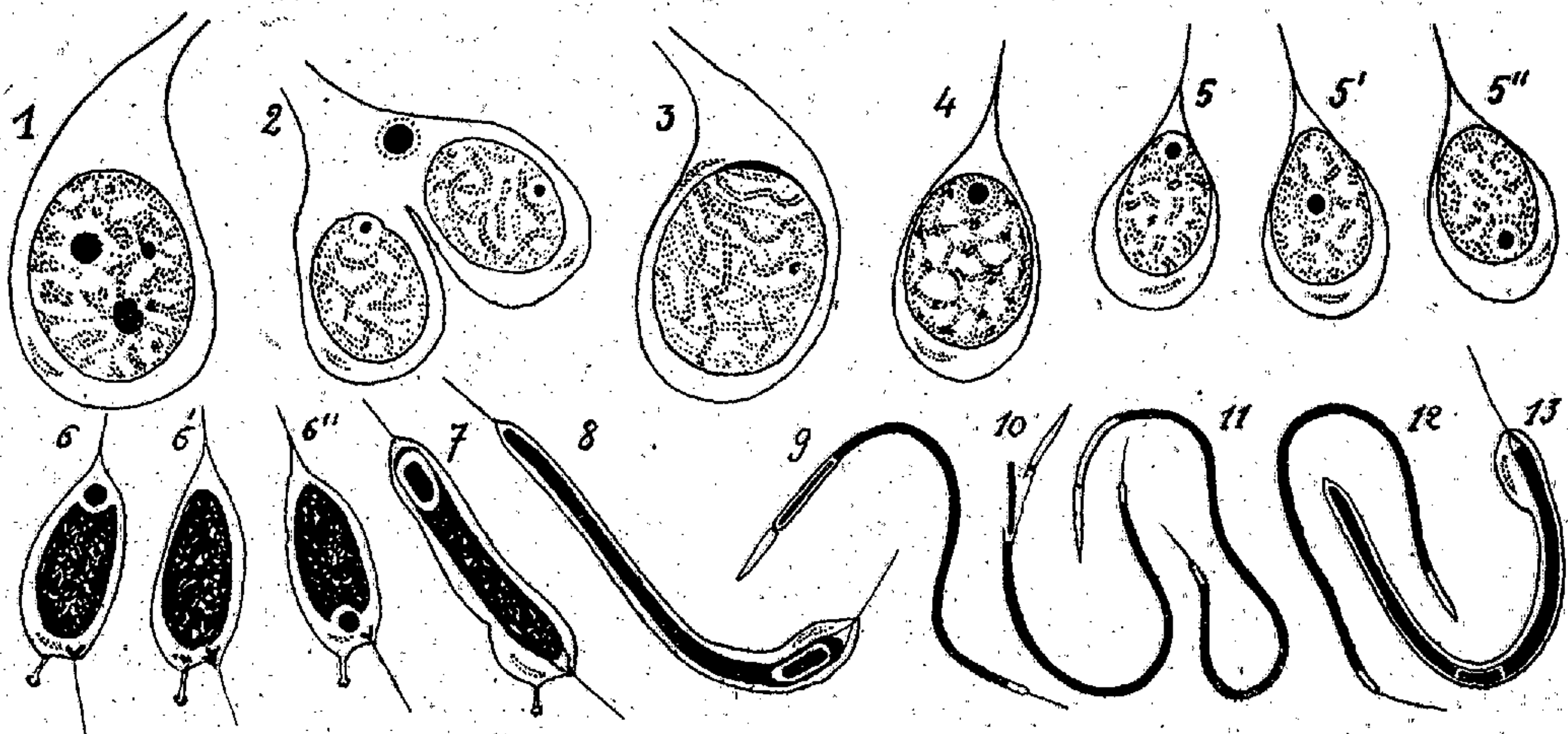


Fig. 1-12. — *Lumbricus herculeus* (= *terrestris*), spermatogénèse. 1, gonie; 2, extrême télophase; 3, auxocyte; 4, préspermatide; 5, trois spermatides; 6, trois spermatides plus âgées; 7-8, spermatides au début et à la fin de l'allongement; 9, spermie nucléolée; 10-11, pendant et après l'élimination du nucléole; 12, spermie normale; 13, *Allolobophora chlorotica*, spermatide nucléolée.

après la dernière division goniale, la première et la seconde mitose méiotiques, il se retrouve dans les auxocytes, les préspermatides et les spermatides et persiste jusqu'à la fin de la spermiogénèse. Dans les auxocytes le nucléole est tangent intérieurement à la membrane nucléaire, soit sphérique comme dans les gonies, soit lenticulaire, soit en calotte très étalée (*fig.* 3). Dans les préspermatides (*fig.* 4) et dans les spermatides jeunes (*fig.* 5), il tend vers la forme sphérique et il est situé dans la partie élargie du pédicule, c'est-à-dire antérieur, tout en restant intranucléaire. A partir de ce stade il se comporte de deux manières différentes qui affectent, dans chaque agrégat spermatique, une proportion sensiblement constante de spermatides. Dans 50 % de ces éléments il prend une position centrale dans le noyau (*fig.* 5′), et y est rapidement résorbé sans laisser de traces (*fig.* 6′). Ce n'est donc jamais que dans la moitié des spermatides de chaque agrégat qu'il persiste. Mais dans cette moitié il y en a chez lesquelles il passe du pôle antérieur du noyau au pôle postérieur (*fig.* 5″, 6″), tandis que dans le reste il demeure au pôle antérieur (*fig.* 6). On a ainsi, dans chaque agrégat, des spermatides nucléolées et des anucléolées en nombre sensiblement égal, et parmi les premières des sperma-

tides à nucléole antérieur et des spermatides à nucléole postérieur. Après la formation de l'acrosome le nucléole se déboîte de sa loge qui demeure vide (*fig.* 10, 11). De sorte qu'il y a, en définitive, deux catégories de spermies : les unes de type normal (*fig.* 12) où le nucléole précocement résorbé a laissé sa substance plus ou moins modifiée diffuser dans le noyau, les autres d'où cette substance a été éliminée (*fig.* 11).

Entre les individus qui montrent cette persistance prolongée du nucléole et ceux où il disparaît avant la méiose, il y en a qui offrent autant d'états intermédiaires. Il en est où le nucléole se reconstitue dans les auxocytes, très réduit, punctiforme, et où il n'est plus régénéré après les mitoses méiotiques, d'autres où il persiste un temps plus ou moins long dans les spermatides. Dans celles où il disparaît rapidement, il n'affecte pas une position intranucléaire initiale aussi précise que dans celles où il persiste. Mais, avant de disparaître, il devient postérieur dans toutes, et dans toutes il est résorbé simultanément. Il n'y a alors qu'une seule catégorie de spermies. Chez les Lombrics, où il n'est résorbé qu'à un stade moyen de la spermiogénèse, on voit apparaître les deux catégories de spermatides, en parité de nombre, par résorption plus précoce du nucléole dans les unes, plus tardive dans les autres.

Allolobophora chlorotica nous offre des variations semblables de l'importance et de la persistance nucléolaires. A leurs maxima le nucléole se reconstitue dans les auxocytes, les préspermatides et dans les spermatides où il occupe une position centrale. Pendant l'allongement de ces dernières, il demeure au niveau moyen du noyau et grossit (*fig.* 13). C'est alors que, avant la formation de l'acrosome, on le voit, d'éosinophile qu'il était, devenir cyanophile et se résorber *in situ* dans la moitié des spermatides. Dans l'autre moitié, l'édification de l'acrosome étant achevée, le nucléole est éliminé par simple rejet hors de sa loge, aussitôt comblée par du caryoplasme. Il y a donc ici encore deux catégories de spermies, les unes qui ont conservé les produits de désintégration du nucléole, les autres d'où toute sa substance a été rejetée en bloc. Ces catégories n'ont pas le temps de s'établir ni même de s'ébaucher chez les individus d'où le nucléole disparaît plus tôt au cours de la spermiogénèse.

Ainsi, chez certains individus des deux espèces de Lombriciens, *Lumbricus herculeus*, *Allolobophora chlorotica*, la spermatogénèse aboutit à la formation de deux catégories de spermies, les unes subnucléolées, les autres anucléolées. La question se pose de savoir si elles ont la même action dans la fécondation. Le fait que ces deux catégories sont toujours égales en nombre suggère l'existence, dans leur production, d'un mécanisme chromosomien rappelant, à première vue, celui de la détermination mendélienne du sexe, mais qui, nous le montrerons, en diffère cependant complètement.

CORRESPONDANCE.

MM. **Paul Ancel**, **Caïus Jacob**, **Georges Malençon** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **René Garnier** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géométrie par le décès de M. *H. Lebesgue*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

François de Chasseloup-Laubat. *François Fresneau, seigneur de la Gataudière, père du caoutchouc* (présenté par M. Auguste Chevalier).

TOPOLOGIE. — *Les équations dans les espaces topologiques.* Note (¹) de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

Les notions que j'ai introduites dans deux Notes précédentes (²) permettent d'édifier une théorie des équations du *type*

$$x = \xi[\tau(x), y], \tag{1}$$

où l'inconnue x et le paramètre y sont respectivement des points de deux espaces topologiques, X et Y; où τ est une transformation continue, définie sur un *ensemble* de points de X et qui prend ses valeurs dans un troisième espace T; où ξ est une transformation continue de $T \times Y$ dans X; T *est un espace de Hausdorff, bicompact, connexe, possédant un système de voisinages convexes.* Ce type englobe le type d'équations non linéaires des espaces linéaires de Banach que M. Schauder et moi-même avons étudié (³), type qui contient lui-même celui des équations linéaires de Fredholm.

1. Soit $\Phi(y)$ l'ensemble des solutions x de (1); $\Phi(y)$ sera nommé *résolvante absolue* de (1). Soit $\varphi(x)$ l'ensemble des points y tels que x soit solution de (1); $\varphi(x)$ est l'inverse de $\Phi(y)$. φ *transforme un ensemble fermé de points de* X *en un ensemble fermé de points de* Y; Φ est donc continue chaque fois qu'elle est univoque. Si X est un espace de Hausdorff, Φ transforme un bicompact de Y en un bicompact de X.

2. Soit D un ensemble ouvert de points de X; soit $\dot{D}$ sa frontière, $\overline{D}$ sa fermeture; supposons $\tau(x)$ défini sur $\overline{D}$. Soit y_p un cycle continu de Y,

(¹) Séance du 4 mai 1942.
(²) *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 781 et 839.
(³) *Ann. École Norm.*, 51, 1934, p. 45.

étranger à $\varphi(\dot{D})$ On peut construire une couverture C de $\overline{D}$ (de simplexes $S^{q,\lambda}$) et un complexe continu de T possédant une subdivision c (de simplexes $s_{\lambda,q}$) qui soit duale de C. En choisissant chaque $s_{q,\lambda}$ dans un voisinage convenable de $\tau(|S^{q,\lambda}|)$, pris lui-même suffisamment petit, on peut faire en sorte que

$$\sum_{q,\lambda} S^{q,\lambda}.\xi(s_{q,\lambda}, y_p)$$

soit homologue à une classe d'homologie continue de D, indépendante des choix de C et c; la correspondance entre y_p et cette classe est *un homomorphisme du groupe d'homologie continue de* $Y-\varphi(\dot{D})$ *dans celui de* D, homomorphisme que désignera le symbole $\Phi(D, y_p)$ et qui se nommera *résolvante algébrique* (¹) *de l'équation* (1).

Si les D_γ sont des ensembles ouverts, deux à deux disjoints de points de E,

$$\text{si } |y_p|.\varphi\Big(\overline{D}-\sum_\gamma D_\gamma\Big)=0, \quad \text{alors} \quad \Phi(D, y_p)=\sum_\gamma \Phi(D_\gamma, y_p).$$

En particulier

$$\Phi(D, y_p)=0 \quad \text{quand } \overline{D}.\Phi(|y_p|)=0.$$

Plus particulièrement encore : si $\Phi(D, y_0)$ est défini et non nul, alors D contient au moins une solution de (1) quand y est en y_0. L'application de ce *théorème d'existence* est facilitée par les deux propositions suivantes :

$\Phi(D, y_p)$ reste constant, quand l'équation (1), D et y_p varient continûment, tant que $|y_p|.\varphi(\dot{D})$ reste vide.

Supposons T simple; soit t_0 la classe des points de T;

$$\text{si } \dot{D}.\xi(T, |y_p|)=0, \quad \text{alors} \quad \Phi(D, y_p)=D.\xi(t_0, y_p).$$

3. *Le cas particulier* D = X. — Supposons $\tau(x)$ défini sur X. Soient $Z^{q,\mu}$ et $z_{q,\mu}$ deux bases duales des groupes d'homologie supérieure et continue de T (ou bien les coefficients de ces homologies sont les entiers, et il s'agit d'homologies avec division; ou bien ces coefficients sont les entiers mod un nombre premier); on a

$$\Phi(X, y_p)=\sum_{q,\mu} \overset{-1}{\tau}(Z^{q,\mu}).\xi(z_{q,\mu}, y_p).$$

(¹) Cette notion de résolvante algébrique d'une équation dépendant d'un paramètre est, à ma connaissance, absolument nouvelle; dans le cas extrêmement particulier où $\varphi(x)$ se trouve être continue et uniforme, X et Y étant deux multiplicités, « l'homomorphisme inverse de φ », tel que l'ont défini M. H. Hopf (*Crelles Journ.*, 163, 1930, p. 71) et M. Freudenthal (*Compositio Math.*, 2, 1935, p. 163; *Annals of Math.*, 38, 1937, p. 847) possède des propriétés analogues à celles de notre résolvante algébrique; mais ces deux notions ont des définitions très différentes.

En particulier, soient x_0 et y_0 les classes des points de X et Y; posons

$$\tau[\xi(z_{q,\mu}, y_0)] = \sum_{\nu} a\begin{pmatrix}\nu\\ q\\ \mu\end{pmatrix} z_{q,\nu},$$

on a

$$\Phi(X, y_0) = x_0 \sum_{q,\mu} (-1)^q a\begin{pmatrix}\mu\\ q\\ \mu\end{pmatrix};$$

ce qui signifie que *la formule des points fixes de M. Lefschetz* s'applique aux transformations en lui-même d'un espace de Hausdorff bicompact, possédant un système de voisinages convexes.

4. Rappelons que nous nommons simple un espace strictement connexe dont tous les groupes d'homologie continue de dimensions positives sont nuls. *Si T est simple*, on peut trouver une expression de $\Phi(D, y_p)$ qui ne fait intervenir que les valeurs prises par $\tau(x)$ sur $\dot{D}$. Cette expression garde un sens lorsque le champ de définition de $\tau(x)$ est réduit à $\dot{D}$. L'homomorphisme qu'elle définit alors sera nommé *résolvante algébrique prolongée* de l'équation (1).

MÉCANIQUE. — *Choc des corps et moindre action.* Note de M. **René Dugas.**

La seule application au domaine de la dynamique que Maupertuis ait donnée du principe de la moindre action qu'il avait énoncé en 1744 se rapporte au choc direct de deux corps soit parfaitement élastiques, soit parfaitement mous.

L'action maupertuisienne mise en jeu dans le choc direct de deux corps a pour expression la somme des forces vives dues aux vitesses perdues.

1. Il est facile d'étendre l'analyse de Maupertuis au choc direct de deux corps partiellement élastiques. Les vitesses v_1 et v'_1 de chaque corps après le choc sont déterminées, en fonction des vitesses v_0 et v'_0 de chaque corps avant le choc, à l'aide de la relation expérimentale

$$(1) \qquad v_1 - v'_1 = -e(v_0 - v'_0) \qquad (0 \leqq e \leqq 1),$$

où e est le coefficient de restitution, et de la seule condition de moindre action

$$(2) \qquad \delta[m(v_0 - v_1)^2 + m'(v'_0 - v'_1)^2] = 0,$$

c'est-à-dire que *dans le choc direct de deux corps, que ceux-ci soient élastiques, imparfaitement élastiques ou parfaitement mous, la somme des forces vives dues aux vitesses perdues est stationnaire.*

En outre, on sait que la force vive perdue par le système au cours du choc, soit ΔT, est dans un rapport constant avec la somme des forces vives dues aux vitesses perdues, soit Θ

$$\Delta T = \frac{1-e}{1+e}\Theta.$$

On peut donc transposer l'énoncé précédent en disant que *les vitesses après le choc rendent stationnaire la perte de force vive du système.*

Au principe de la moindre action dans le domaine de la dynamique ordinaire, que Lagrange qualifiait de « principe de la plus grande ou plus petite force vive » correspond ainsi, dans le domaine des percussions, le principe *de la plus grande ou plus petite force vive perdue.*

2. Des considérations entièrement analogues, à la complication près des notations, s'appliquent au choc indirect de deux corps. Il suffit de substituer aux vitesses v leurs projections w sur la normale commune aux deux corps et d'introduire les paramètres de percussion K et K' de chaque corps. La relation expérimentale (1) devient ainsi

$$w_1 - w'_1 = -e(w_0 - w'_0) \qquad (0 \leq e \leq 1) \tag{1'}$$

et la condition de moindre action

$$\delta\left[\frac{1}{K}(w_0 - w_1)^2 + \frac{1}{K'}(w'_0 - w'_1)^2\right] = 0. \tag{2'}$$

La simplicité formelle de ces résultats et l'analogie qu'ils présentent avec la loi d'extremum dont dépend la dynamique ordinaire en constituent, je le reconnais bien volontiers, le seul intérêt. Il serait naturel de les appeler *théorèmes de Maupertuis*, car ils sont contenus en puissance dans l'analyse que cet auteur a donnée des lois du choc direct de deux corps parfaitement élastiques ou parfaitement mous. Leur généralité dépasse évidemment celle du théorème de Carnot, lequel suppose $e = 0$, d'où l'égalité de ΔT et de Θ.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le paradoxe de la vitesse sonique dans les écoulements cylindriques.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

Les équations que l'on a rappelées dans une Note récente [1] deviennent, dans le cas d'un écoulement cylindrique adiabatique ($\delta q = 0$),

$$\frac{du}{u} = k\frac{\gamma}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}, \tag{1}$$

$$\frac{dp}{p} = -k\gamma\frac{1+k(\gamma-1)}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}, \tag{2}$$

$$\frac{dT}{T} = -k^2\gamma\frac{\gamma-1}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}. \tag{3}$$

Elles retrouvent immédiatement un résultat connu des calculs basés sur l'équation de l'évolution thermodynamique au cours de l'écoulement [2], que

[1] *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 477.

[2] Il suffit de situer, dans le diagramme de Clapeyron (p, v), l'hyperbole

$$M_2^2 v^2 - u_0^2 = \frac{2\gamma}{\gamma-1}(p_0 v_0 - pv) \tag{4}$$

par rapport au réseau des isentropiques, en comparant leurs pentes; et de se baser sur la condition $dS > 0$ imposée aux évolutions adiabatiques avec frottement.

l'on peut énoncer : Dans un écoulement cylindrique adiabatique d'un gaz parfait ([3]), la vitesse ne peut pas traverser la vitesse sonique ($k = 1$).

Dans le cas d'un écoulement subsonique, commandé par un gradient négatif de pression, cela n'a rien de paradoxal, à cause des réactions de l'aval vers l'amont. Grâce à elles, en allongeant indéfiniment la canalisation, on provoque la diminution progressive du débit, et la résultante des forces de frottement sur les parois peut rester inférieure à la résultante (invariable) des pressions d'amont et d'aval, comme l'exige l'augmentation de quantité de mouvement réalisée.

Mais, dans un écoulement supersonique, où il n'y a pas de réaction vers l'amont, le débit reste constant. En allongeant progressivement une conduite cylindrique qui prolonge une tuyère de Laval, on augmente donc sans cesse la résultante des forces de frottement : il est impossible que la vitesse reste indéfiniment supersonique, ou même (à la limite) sonique. C'est d'autant plus impossible que la pression est croissante, et donne elle aussi une résultante freinante : l'écoulement est commandé par l'énergie cinétique antérieurement acquise, qui va sans cesse en diminuant (en même temps que la quantité de mouvement).

La difficulté se trouve résolue de la façon suivante. Lorsque la vitesse à la sortie de la conduite cylindrique est descendue à une valeur voisine de la valeur sonique, elle n'est plus capable d'assurer l'écoulement, par le même mécanisme d'inertie, dans le $(n+1)^{\text{ième}}$ élément qu'on ajoutera encore. Alors il se produira dans celui-ci (ou un peu plus en amont) une onde de choc, en aval de laquelle on aura le gradient de pression négatif nécessaire pour assurer l'évacuation dans un écoulement devenu subsonique.

Si l'on continue à ajouter de nouveaux éléments, la chute de pression de plus en plus grande qu'ils réclament est assurée par une progression de l'onde de choc vers l'amont ([4]). A partir du moment où l'onde de choc rejoint, en s'évanouissant, le col de la tuyère, l'écoulement devient partout subsonique, et l'allongement de la canalisation commence alors à provoquer une diminution de débit.

Mais, en plaçant le $(n+1)^{\text{ième}}$ élément, on aurait pu éviter la naissance de l'onde de choc et la réaction progressive vers l'amont en réalisant le gradient de pression négatif exigé pour l'évacuation par un abaissement de la pression en aval.

([3]) Nous appelons gaz parfait un gaz qui satisfait aux deux équations $pv = \mathrm{RT}$ et $\mathrm{U} = c\mathrm{T}$; elles n'excluent pas l'intervention de la viscosité qui donne la décoordination δw.

([4]) La discontinuité de pression devient de plus en plus importante à mesure que l'onde avance vers l'entrée de la conduite cylindrique où les vitesses supersoniques deviennent de plus en plus élevées. Elle rediminuera ensuite lorsque l'onde de choc pénètre dans le divergent de Laval, mais alors il s'y substitue une augmentation de pression plus grande dans la partie du divergent qui devient subsonique (cf. *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 345).

On pourra, par cette manœuvre répétée, obtenir, dans j éléments successifs, un écoulement que les équations (1), (2), (3), pas plus que l'équation (4), ne prévoyaient possible.

Cette contradiction exige qu'il ne corresponde pas aux hypothèses utilisées pour former ces équations. Il doit donc être très hétérogène, c'est-à-dire comporter des vitesses et des températures très variables d'un filet à un autre; ces vitesses semblent devoir être voisines des vitesses soniques.

L'étude d'un tel écoulement apparaît fort difficile. On remarquera d'ailleurs que l'adiabaticité *globale* due aux parois isolantes n'entraîne pas l'adiabaticité de l'évolution dans chacun des filets, entre lesquels les écarts de température, et les turbulences intenses qui paraissent probables, doivent provoquer des échanges de chaleur importants. Il doit en résulter des valeurs variées pour leurs vitesses soniques.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur le glissement de roulement.* Note de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons mesuré le glissement de roulement d'un essieu sur un cylindre par la méthode générale décrite antérieurement ([1]).

L'essieu est formé de deux roues en acier doux, fixées sur un arbre de 40^{mm} de diamètre; les roues sont des disques pratiquement identiques d'environ 160^{mm} de diamètre et de 5^{mm} d'épaisseur, distant entre eux de 120^{mm}. L'essieu porte en bout d'arbre d'un côté un pignon interrupteur J′ à cinq secteurs métalliques séparés par cinq isolants et, de l'autre côté, un pignon frein F en forme de disque de 10^{mm} d'épaisseur et de 120^{mm} de diamètre sur lequel frotte une bande de tissu.

Le cylindre est en acier trempé très dur de $96^{mm},6$ de diamètre; il est mû par courroie trapézoïdale et moteur courant continu alimenté par une batterie d'accumulateurs. Il porte en bout d'arbre un pignon interrupteur J à trois secteurs métalliques et trois isolants.

Le glissement varie avec le couple frein appliqué à l'essieu et dont le moment est $R(T-t)$. R étant le rayon du pignon frein; $T-t$ étant la différence des tensions appliquées aux extrémités de la bande de frottement. La tension t est égale au poids attaché à une extrémité de la bande; la tension T à l'autre extrémité est mesurée par une balance Sinus.

On détermine le glissement g de l'essieu par le procédé décrit dans ma Note du 26 janvier dernier, à l'aide de l'expression

$$g=\frac{60}{mN\theta}-\varepsilon,$$

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 151.

où N est le nombre de tours par minute du cylindre, θ la durée en secondes d'une oscillation double du volmètre,

$$\varepsilon = \frac{m}{m'}\frac{D}{D'} - 1 \quad (m = 3, m' = 5);$$

D' diamètre des roues; D diamètre du cylindre.

Le cylindre étant en acier très dur et les roues en acier doux, ce sont celles-ci surtout qui s'usent et diminuent progressivement de diamètre; cette réduction de diamètre est d'ailleurs accentuée par une remise périodique de l'essieu au tour; de sorte que D'/D qui dépassait d'abord légèrement 5/3 s'est abaissé progressivement à une valeur inférieure à 5/3, et ε qui était d'abord positif est devenu négatif. Le diamètre D a pu être mesuré au palmer; D' n'a pu l'être qu'au pied à coulisse au 1/50^{mm}, par suite D' comporte une erreur assez importante ne dépassant pas toutefois 0,0002. Cette erreur n'influe pas d'ailleurs sur la variation $g - g_0$ du glissement quand on passe de la marche à vide de l'essieu, soumis seulement à son couple propre C_0 (sans couple frein additionnel) à la marche freinée en outre par un couple frein C.

En effet $g - g_0 = 20\,(1/N\theta - 1/N_0\theta_0)$; l'indice zéro se rapportant à la marche à vide; N est mesuré au compte-tours Hasler, θ au compte-secondes, $g - g_0$ est ainsi connu à moins de 1/100 près; le couple frein est donné avec une erreur ne dépassant pas 3 %.

Les diamètres D et D' étant mesurés séparément (ce qui suppose l'écrasement nul), le glissement pour les faibles couples est un *pseudo-glissement* auquel se superpose un *vrai glissement* aux forts couples.

Cela posé; *si l'on porte en abscisse $g - g_0$ et en ordonnée le couple frein* C *ou l'effort tangentiel, les divers points se placent fidèlement et nettement sur une courbe semblable à la courbe de glissement d'une courroie en fonction du couple ou de l'effort transmis.*

Cette courbe comporte en effet une partie droite issue de l'origine raccordée à un arc de forme hyperbolique pour les couples dépassant une certaine limite comme le prévoyait M. Lévy [2].

Le coefficient angulaire de la partie droite diffère suivant la plage de roulement des roues de l'essieu sur le cylindre quoique ces plages soient identiques en apparence. Il en est de même du couple C' *à partir duquel la courbure s'accentue.*

Lorsque la plage de roulement reste inchangée et qu'on s'efforce de la maintenir dans un état invariable (en enlevant les traces de fer par le papier d'émeri très fin 00) *le coefficient angulaire de la courbe à l'origine croît progressivement, mais assez lentement, avec la durée de l'expérience.*

Une seule goutte d'huile sur chacune des roues de l'essieu multiplie le glissement dans le rapport 1 à 3 ou 4 pour un même couple frein; un polissage énergique ne fait disparaître complètement cet effet qu'à la longue.

---

(2) *Revue générale des Chemins de fer*, 4, février 1935, p. 201.

RELATIVITÉ. — *Sur la dynamique des milieux doués d'une densité de moment cinétique propre.* Note (¹) de M. **Olivier Costa de Beauregard.**

1. Pour établir axiomatiquement (²) la dynamique des milieux doués de moment cinétique propre ou *spin*, nous partons du fait suivant, qui apparaît clairement sur l'exemple du point matériel : un moment cinétique fini est représenté par les trois composantes C^{uv} d'un tenseur du second rang antisymétrique C^{ij}, dont les trois C^{w4} s'interprètent comme moment barycentrique généralisé ($u, v, w = 1, 2, 3$; $i, j, k, l = 1, 2, 3, 4$).

2. Si, par hypothèse (A), une densité de moment cinétique propre σ existe, en la multipliant convenablement par l'élément volumique généralisé $[dx^i\, dx^j\, dx^k]$ on obtient un tenseur du second rang antisymétrique δC^{ij}. Alors σ est nécessairement un tenseur, et l'on montre que son rang n est 1 ou 3. On achève de préciser l'écriture du cas $n = 3$ en postulant (B) l'arbitraire de l'élément trilinéaire d'intégration.

3. Postulant alors (C) que la grandeur σ doit se comporter comme une densité vectorielle spatiale au sens habituel lorsque les trois $[dx^u\, dx^v\, dx^4]$ sont nulles (cas d'un *état simultané* du fluide), on montre que le tenseur σ^{jkl} du cas $n = 3$ doit être complètement antisymétrique, et qu'alors, en introduisant son quadrivecteur dual σ^i/ic, les deux cas $n = 1$ et $n = 3$ viennent en coïncidence suivant

$$\delta C^{ij} = \sigma_k [dx^i\, dx^j\, dx^k], \qquad \delta B^{kl} = \sigma^k\, \delta u^l - \sigma^l\, \delta u^k; \tag{1}$$

$ic.\delta B^{kl}$ et $ic.\delta u^l$ sont les duals respectifs des tenseurs δC^{ij} et $[dx^i\, dx^j\, dx^k]$.

4. Enfin, postulant (D) que l'interprétation densitaire usuelle des trois σ^u doit être également retrouvée lorsqu'on se place dans le repère galiléen entraîné, on voit que le quadrivecteur σ^i doit être orthogonal au courant d'univers

$$\sigma^i\, dx_i = 0 \qquad \text{ou} \qquad \sigma^4 = \frac{i}{c}(\vec{\sigma}.\vec{v}) \tag{2}$$

($\vec{v}$ désigne la vitesse habituelle du fluide).

5. Intégrons les (1) sur un domaine tridimensionnel fermé et transformons en intégrale quadruple suivant

$$\iiint \delta B^{kl} = \frac{1}{ic} \iiiint (\partial^l \sigma^k - \partial^k \sigma^l)[dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4]. \tag{3}$$

Prenant un domaine défini par l'hyperparoi d'un tube de courant d'univers et

(¹) Séance du 27 mai 1942.

(²) La densité de moment cinétique propre ne saurait dériver des forces d'inertie traditionnelles; cela apparaît clairement sur l'exemple d'une gouttelette sphérique de rayon r, dont le moment cinétique est un infiniment petit du cinquième ordre en r.

par deux hypercloisons planes, orthogonales à l'axe de temps, infiniment voisines dans le temps, l'intégrale triple *d'hyperparoi* et l'intégrale quadruple s'interprètent comme correspondant respectivement à des forces d'inertie superficielles et volumiques. L'expression des densités correspondantes se simplifie grâce à la conséquence (2) du postulat (D); $\vec{B}$ et $\vec{C}$ désignant respectivement les moments barycentrique et cinétique propres, on a, en écriture vectorielle d'espace habituelle,

$$(4)\quad \begin{cases} d\vec{B} = -dt \iint \vec{\sigma} \wedge \vec{\delta s} + dt \iiint \overrightarrow{\mathrm{rot}\,\vec{\sigma}}.\delta \upsilon, \\ d\vec{C} = \quad dt \iint \vec{\nu} \wedge (\vec{\sigma} \wedge \vec{\delta s}) + dt \iiint \left\{ \overrightarrow{\mathrm{grad}\,(\vec{\sigma}.\vec{\nu})} + \frac{\partial}{\partial t}\vec{\sigma} \right\} \delta \upsilon. \end{cases}$$

6. Rappelons que, dans l'espace à trois dimensions, le *défaut de symétrie* $T^{uv} - T^{vu}$ du tenseur élastique égale la densité volumique de moment pondéromoteur propre. Il résulte alors de ce qui précède que le tenseur inertique T^{ij} d'un milieu doué de spin ne peut être symétrique; plus précisément, le dual $\overline{T^{ij} - T^{ji}}$ de son *défaut de symétrie* doit être relié à la densité de spin σ suivant

$$(5)\qquad \overline{T^{ij} - T^{ji}} = ic(\partial^i \sigma^j - \partial^j \sigma^i).$$

Il suit de là qu'il y a une *bonne* et une *mauvaise* manière de calculer l'impulsion-masse finie $\iiint T^{ij} \delta u_j$, ce qui permet d'introduire la notion d'impulsion-masse transversale $\iiint (T^{ji} - T^{ij}) \delta u_j$; grâce à la formule (5), la dernière intégrale peut être transformée en intégrale double, ce qui permet de définir une densité superficielle d'impulsion-masse transversale; dans le cas particulier *de la simultanéité* l'impulsion-masse transversale a pour expression simple $\iint (\vec{\sigma} \wedge \vec{\delta s})$.

Application de la présente théorie en Relativité générale. — L'asymétrie du tenseur inertique entraînerait celle du tenseur R^{ij} (car on voit mal à quoi pourrait correspondre une asymétrie du tenseur g^{ij}). En d'autres termes, l'hypothèse de l'existence macroscopique d'une densité de moment cinétique propre imposerait l'utilisation d'un univers riemannien généralisé soit par l'hypothèse d'une torsion, soit par celle d'une jauge de Weyl. Précisons que cette extension ne serait pas destinée à rendre compte de l'Électromagnétisme, comme dans les théories unitaires, mais qu'elle correspondrait à un *effet gravitationnel de spin,* purement mécanique, où jouerait la constante χ.

Application à la Mécanique ondulatoire. — C'est dans ce but que nous avons établi notre théorie. La densité σ de Dirac possède bien, comme on sait, l'ensemble des propriétés 1, 2, 3, 4; de plus, nous avons rappelé, dans notre

dernière Note [3], que, en théorie de Dirac, le tenseur inertique *asymétrique* de tétrode est bien relié à σ par notre formule (5). Les mêmes conclusions, *mutatis mutandis*, se retrouvent en théories du photon et du graviton.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode générale de dosage spectroscopique des corps en mélange. Application au mélange benzène-toluène-xylène dans l'atmosphère.* Note [1] de M. **Daniel Florentin**, Mme **Marguerite** et M. **René Héros**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'expérience montre que les droites qui représentent la fonction $y = \log(I_0/I)$ dans la loi de Berr-Lambert, et dont la tangente de l'angle avec l'axe des x (concentrations) peut être considérée comme l'*indice d'absorption* pour la longueur d'onde considérée, présentent des variations considérables pour des corps homologues ou de constitution voisine. Cette constatation permet de différencier les corps et même de doser les différents homologues présents dans un mélange.

Nous avons déjà montré qu'on pouvait, à l'aide d'un appareillage relativement simple [2], caractériser et doser des corps tels que la cocaïne, la novocaïne et la stovaïne en mélange.

En utilisant l'appareillage décrit par A. Chevallier et P. Dubouloz [3], nous avons plus particulièrement étudié le problème très intéressant du dosage des hydrocarbures dans l'air des ateliers.

La figure 1 représente les courbes d'absorption du benzène, du toluène et du xylène commercial (xylol) en solution dans l'alcool. Pour les longueurs d'onde λ_1 2475 Å, λ_2 2575 Å, λ_3 2650 Å, ces hydrocarbures présentent des indices d'absorption très nettement différents (*fig.* 2).

On peut d'ailleurs absorber les vapeurs d'hydrocarbures présentes dans l'air en faisant barboter cet air dans de l'alcool refroidi vers $-10°$ (nous utilisons deux barboteurs placés en série); un volume de 1,5 à 3^l d'air est généralement suffisant et correspond à un poids total d'hydrocarbures absorbés de 3 à 10^{mg}.

Si l'on connaît le solvant utilisé dans l'atelier : benzol 90 % ou 50 % par exemple, il suffit de tracer, une fois pour toutes, la droite d'absorption de ce solvant en fonction de la concentration, pour λ par exemple, pour qu'une simple mesure d'absorption donne la teneur en hydrocarbures dans l'alcool, et par conséquent dans l'air.

Si l'on ignore cette composition, il suffit de déterminer l'absorption pour les longueurs d'onde λ_1, λ_2, λ_3 pour obtenir trois mesures d'absorption qui

---

[3] *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 818.

[1] Séance du 4 mai 1942.

[2] *Ann. Chim. analytique*, **24**, 1942, p. 31.

[3] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 174.

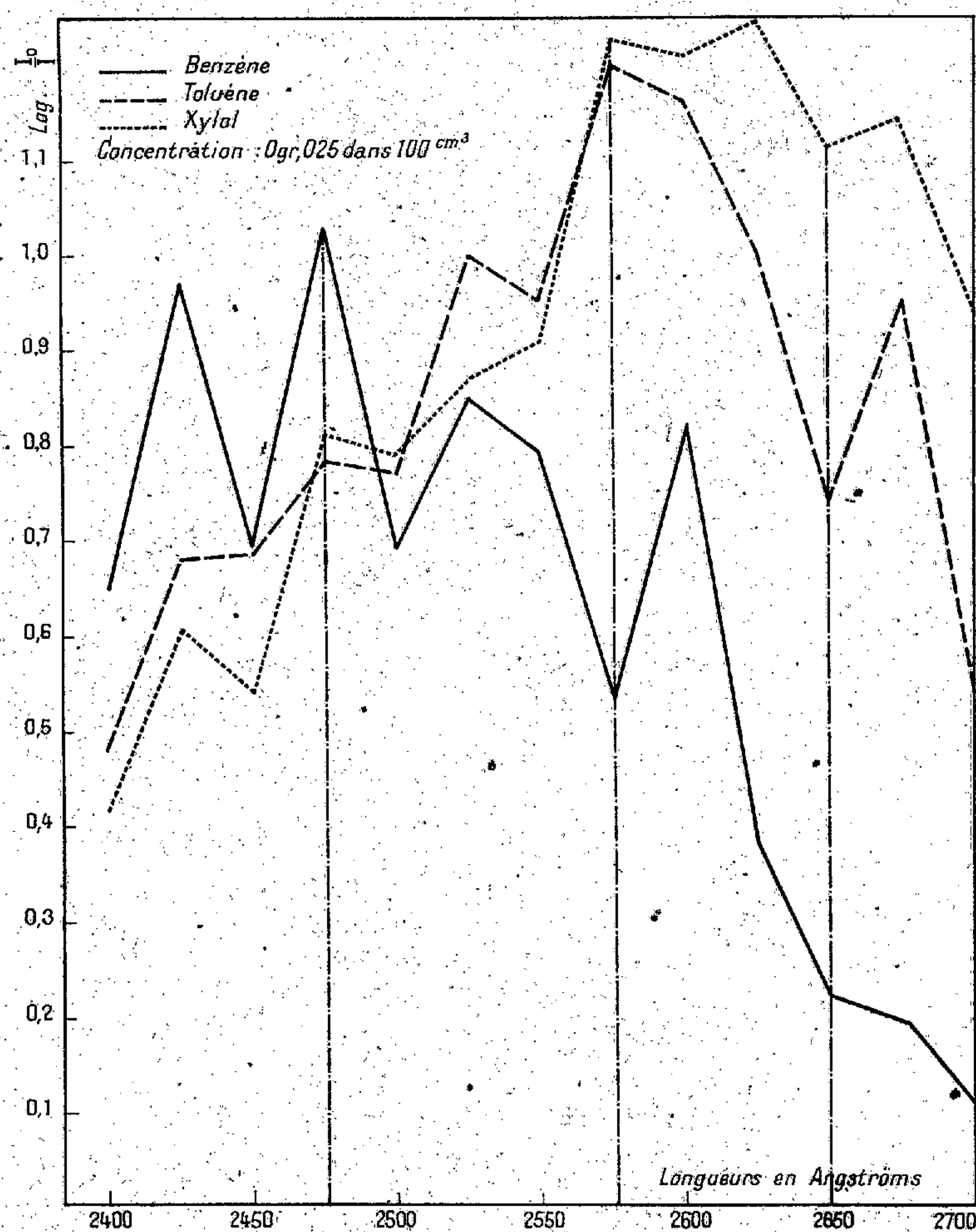


Fig. 1. — Courbes d'absorption des hydrocarbures benzéniques (de 25 en 25 Å).

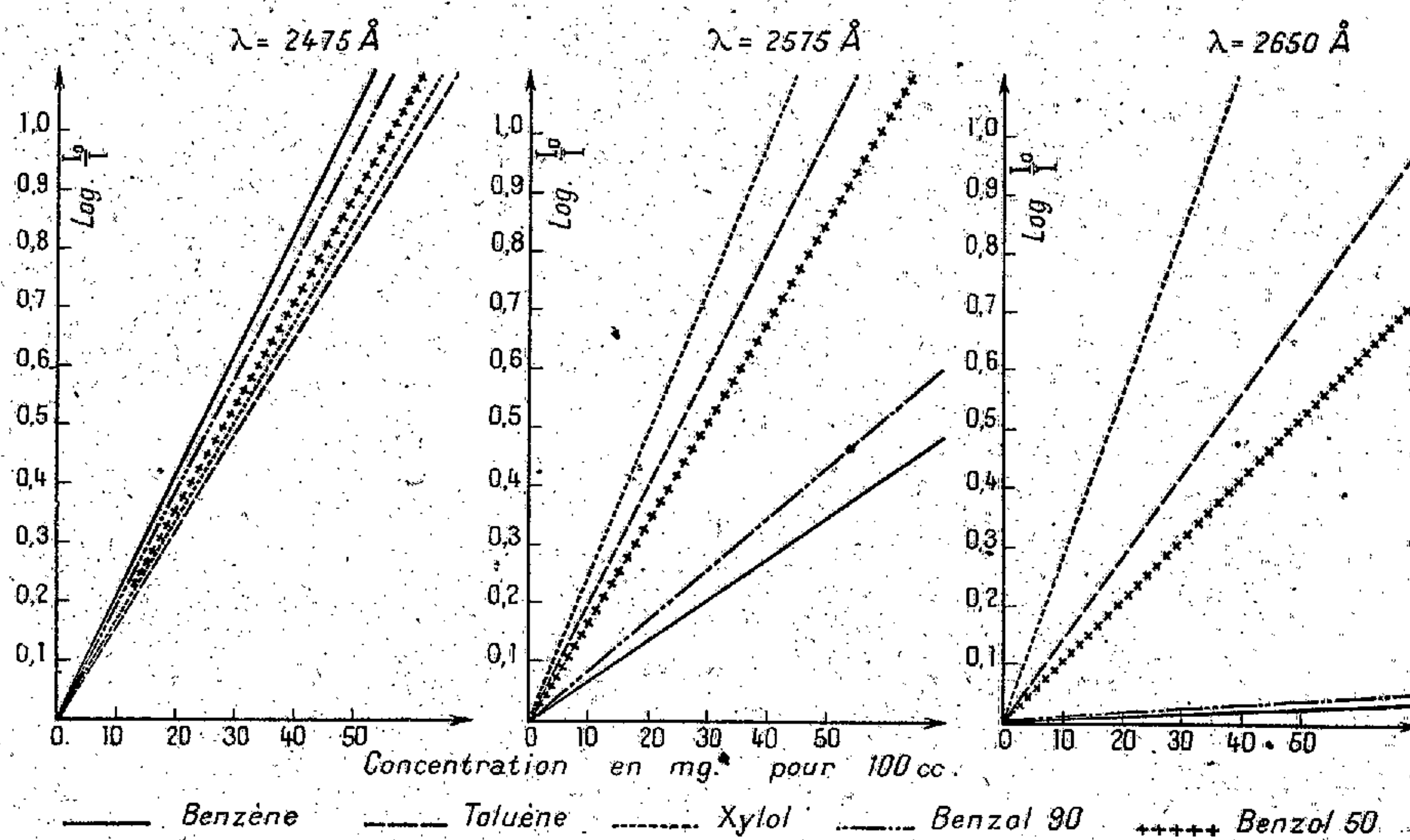


Fig. 2. — Indices d'absorption des hydrocarbures benzéniques.

permettent de calculer les teneurs respectives en benzène, toluène, xylol, détermination à peu près impossible à faire par une méthode chimique, sur de si faibles quantités.

Nous pouvons, par exemple, poser

	Benzène.	Toluène.	Xylol.
Concentration pour 100^{cm^3} d'alcool	x	y	z

$X = x + y + z$.

Déterminons

	λ_1.	λ_2.	λ_3.
$\text{Log}(I_0/I) \times 100$ du mélange étudié	A_1	A_2	A_3

Tous calculs faits, on obtient

$$X = 0,43 A_1 + 0,21 A_2 - 0,07 A_3; \quad y = 0,64 A_1 + 1,92 A_2 - 1,28 A_3;$$
$$x = 0,75 A_1 - 0,75 A_2 + 0,21 A_3; \quad z = 0,32 A_1 - 0,96 A_2 + A_3.$$

Résultats. — I. En solution alcoolique, par exemple, nous avons obtenu les chiffres suivants :

	Benzène.	Toluène.	Xylol.
Composition %	45	45	10
Trouvé »	48	43	9

II. *Dosage dans l'air* (*benzol* 90 %).

Méthode chimique (dérivés nitrés)	$4^g,4/m^3$
» spectroscopique	$4^g,1/m^3$

	Benzène.	Toluène.	Xylol.
Avec la composition %	83	9	7
Au lieu de	84	12	4

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des argento- et des cuprocyanures de potassium et de leurs acides*. Note [1] de Mlle **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans un précédent travail, j'ai trouvé que les acides cobalti-, ferri- et chromicyanhydriques sont des acides forts et que les trois fonctions acides de chacun d'entre eux ont sensiblement la même force. Ainsi il m'a été impossible de mettre en évidence une influence quelconque du métal. Cette étude a été poursuivie sur les acides argento- et cuprocyanhydriques. Ces acides étant très instables, je les ai étudiés à partir de leurs sels : $Ag(CN)^2K$, $Ag(CN)^4K^3H^2O$ et $Cu(CN)^2K$, $Cu^2(CN)^3KH^2O$ et $Cu(CN)^4K^3H^2O$ par la méthode déjà employée pour le chromicyanure de potassium. Une solution aqueuse de cyanure complexe à la concentration M/100, refroidie à une température voisine de 0° est additionnée d'acide chlorhydrique N. Je détermine la concentration en ions H de la solution par la méthode potentiométrique avec électrode de verre en fonction de la quantité d'acide chlorhydrique ajoutée.

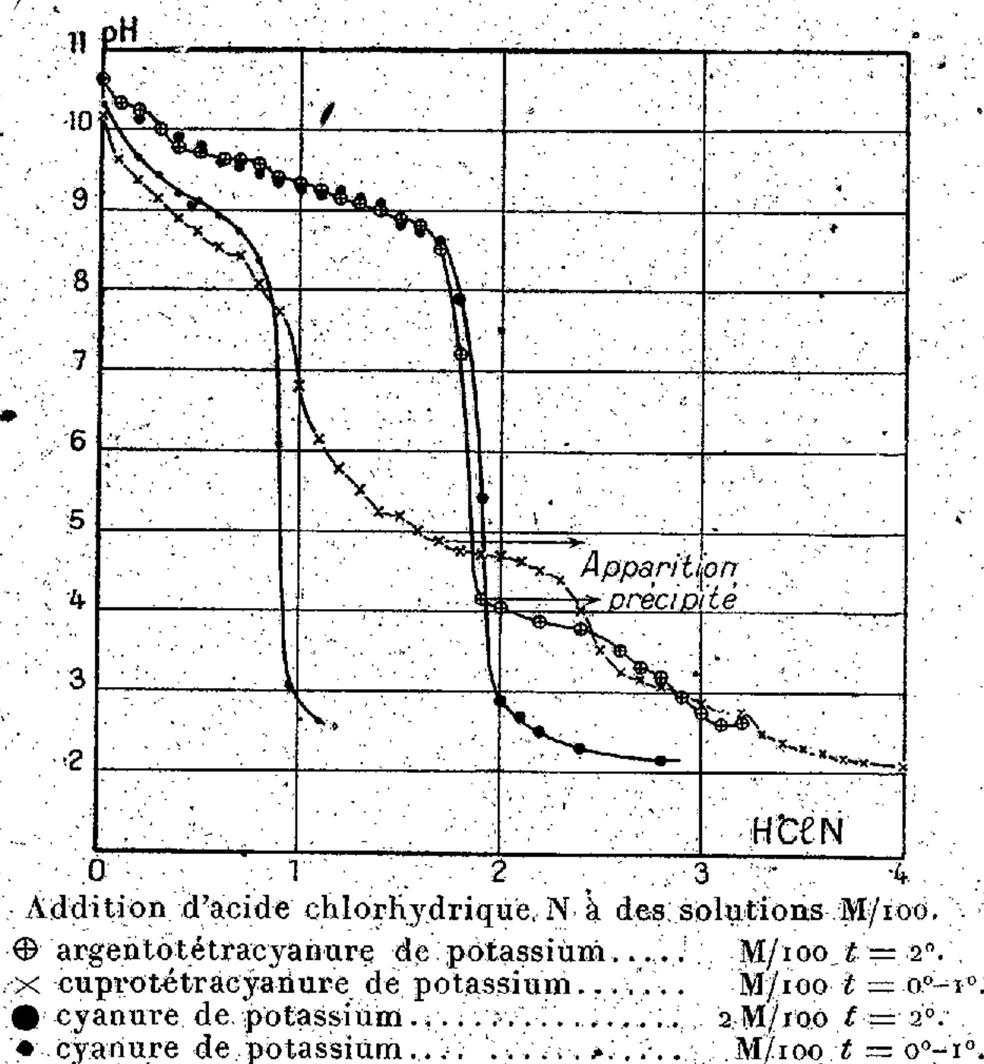
$Ag(CN)^2K$. — Le pH d'une solution d'argentodicyanure de potassium à la concentration M/100 et à 0° est égal à 6,8. Il décroît ensuite très rapi-

[1] Séance du 27 mai 1942.

dement pour une faible addition d'acide. L'acide argentodicyanhydrique est donc un acide fort. Ceci est en accord avec les résultats trouvés par Euler par des mesures de conductivité.

$Cu(CN)^2K$ *et* $Cu^2(CN)^3KH^2O$. — Ces corps sont peu solubles dans l'eau. Une solution aqueuse saturée de dicyanure de potassium à la température de 0° a un pH de 7,2-7,3. Pour le second sel, le pH est 6,9-7. Dans les deux cas, on a une diminution rapide du pH pour $0^{mol},1$ d'acide ajoutée à 1^{mol} de complexe. Comme l'argentodicyanure de potassium, ces sels dérivent d'acides forts.

$Ag(CN)^4K^3H^2O$. — La courbe de titrage de l'argentotétracyanure de potassium et celle d'une solution de cyanure de potassium 2 M/100 sont superposables aux erreurs d'expérience près (voir la figure). L'argentotétracyanure



Addition d'acide chlorhydrique N à des solutions M/100.

⊕ argentotétracyanure de potassium..... M/100 $t = 2°$.
× cuprotétracyanure de potassium....... M/100 $t = 0°-1°$.
● cyanure de potassium................. 2 M/100 $t = 2°$.
• cyanure de potassium................. M/100 $t = 0°-1°$.

est donc entièrement dissocié en argentodicyanure de potassium et en cyanure de potassium simple d'après le schéma $Ag(CN)^4K^3 \rightarrow Ag(CN)^2K + 2CNK$.

$Cu(CN)^4K^3H^2O$. — On observe sur le graphique un point d'inflexion pour 1^{mol} d'acide chlorhydrique ajoutée à 1^{mol} de sel qui paraît correspondre à la formation de cuprotricyanure de potassium $Cu(CN)^3K^2$. La comparaison avec la courbe de titrage du cyanure de potassium M/100 montre que le cuprotétracyanure n'est que partiellement dissocié en cuprotricyanure et en cyanure simple. Pour $1^{mol},7$ d'acide chlorhydrique, on a un commencement de précipitation. A partir de ce point, la courbe présente un palier, puis un point d'inflexion aux environs de $2^{mol},5$ d'acide chlorhydrique. Le produit du début de la précipitation a été isolé; sa teneur en cuivre correspond à $Cu^2(CN)^3KH^2O$. Ainsi, par addition d'acide chlorhydrique N à une

solution étendue de cuprotétracyanure de potassium à une température voisine de 0°, il se forme d'abord du cuprotricyanure, puis du dicuprotricyanure de potassium qui précipite. En présence d'un excès d'acide, on obtient on le sait le cyanure lui-même.

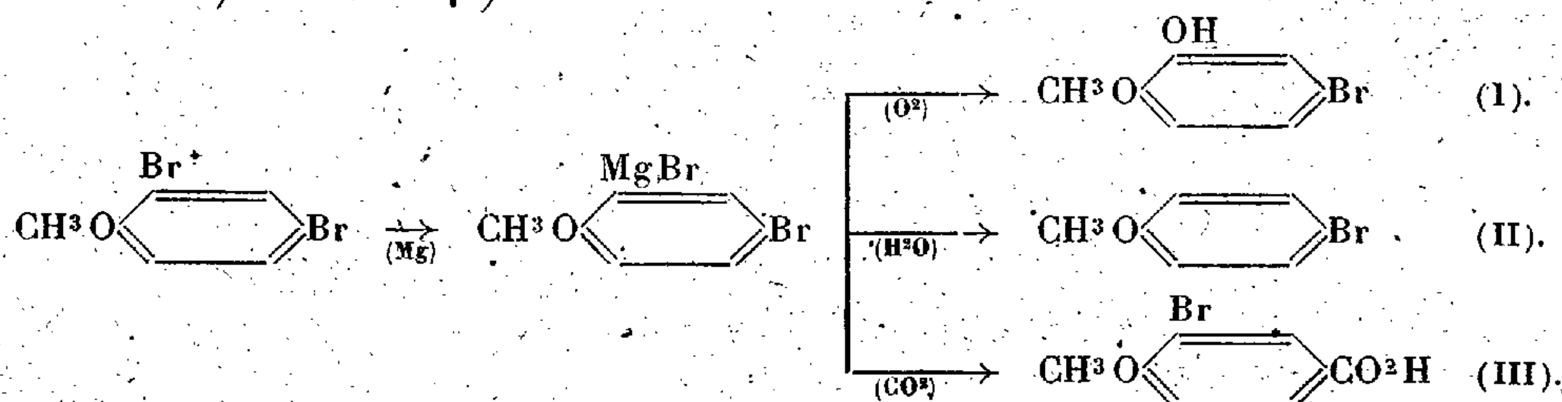
Si l'on opère à la température ordinaire (25°) l'allure de la courbe, analogue au début, est ensuite un peu différente. La formation de $Cu(CN)^3K^2$ est nettement marquée comme à 0°, mais l'apparition du précipité, qui ici est du cyanure de cuivre, a lieu lorsque 2^{mol} d'acide chlorhydrique ont été ajoutés à 1^{mol} de cuprotétracyanure.

En résumé, l'argentodicyanure et le cuprodicyanure de potassium, comme les cobalti-, ferri- et chromicyanures, sont des sels d'acides forts et se comportent d'une manière analogue. Au contraire les acides argento- et cuprotétracyanhydriques n'existent pas en solution, même à une température voisine de 0°. Leurs sels de potassium sont eux-mêmes instables; mais malgré l'analogie de leur composition, leur dissociation n'est pas la même; le premier donne naissance au dicyanure, le second au tri-, puis au sexquicyanure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Carbonatation anormale des combinaisons magnésiennes des di-halogéno-2.4 anisols.* Note de M. **Marcel Paty**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ainsi que je l'ai montré (¹), les combinaisons mono- et dimagnésiennes du di-bromo-2.4 anisol s'obtiennent facilement et avec des rendements satisfaisants.

L'hydrolyse et l'oxydation du monomagnésien conduisent respectivement au parabromoanisol (II) ($É_{16}$ 99-101°, n_D^{20} 1,5640) et au bromo-4 gaïacol (I) (prismes hexagonaux aplatis dans l'éther de pétrole, F 66°), ce qui prouve que l'on a affaire au bromure de bromo-5 méthoxy-2 phénylmagnésium. La carbonatation de cette même combinaison magnésienne, au lieu de l'acide bromo-5 méthoxy-2 benzoïque (aiguilles de l'eau, F 119°), donne l'acide bromo-3 méthoxy-4 benzoïque (III) (bromo-3 anisique) (aiguilles du mélange éther-chloroforme, F 223-224°) :

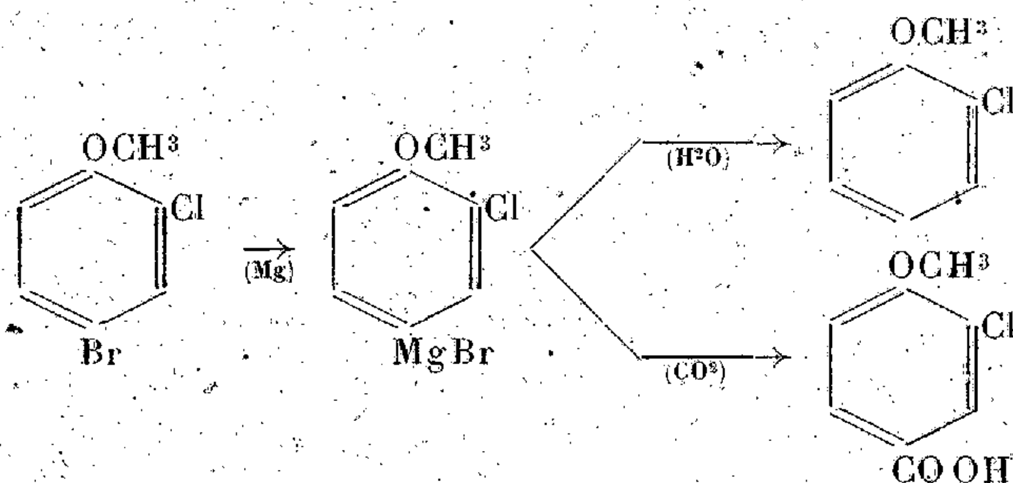


Pour rechercher la cause de cette anomalie, j'ai étudié la carbonatation des dérivés monomagnésiens des chlorobromoanisols, comportant en 2 et 4

(¹) Marcel Paty, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 6, 1939, p. 1301; *Thèse*, Paris, 1940; *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 8, 1942, p. 55.

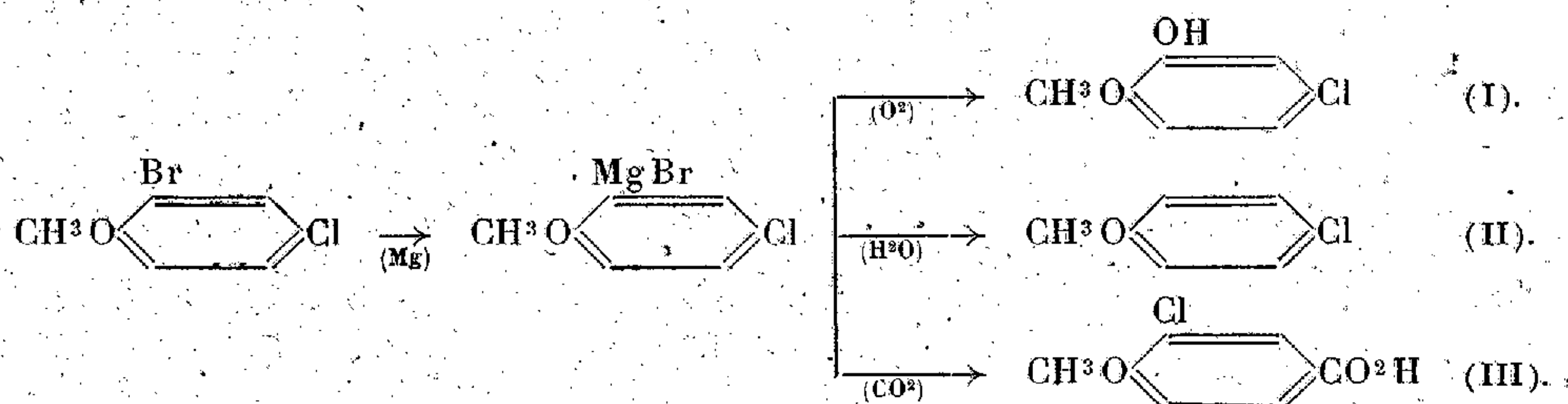
deux atomes halogènes différents et d'activités inégales vis-à-vis du magnésium : ces corps ne figuraient pas encore dans la littérature chimique.

1° Le chloro-2 bromo-4 anisol, $É_{17}$ 140-142°, lamelles (solidification ou cristallisation dans l'éther), aiguilles (dans l'alcool), F 63°, s'obtient en faisant barboter un rapide courant de chlore dans du parabromoanisol. Il donne facilement un monomagnésien, avec un rendement de 80 %. Celui-ci a été déterminé par l'hydrolyse, qui conduit à l'orthochloroanisol ($É_{17}$ 87-89°), ce qui prouve que l'on a affaire au bromure de chloro-3 méthoxy-4 phénylmagnésium. La carbonatation de ce magnésien conduit à l'acide chloro-3 anisique (petites aiguilles, dans l'alcool dilué, F 214-215°). Les réactions sont donc normales :

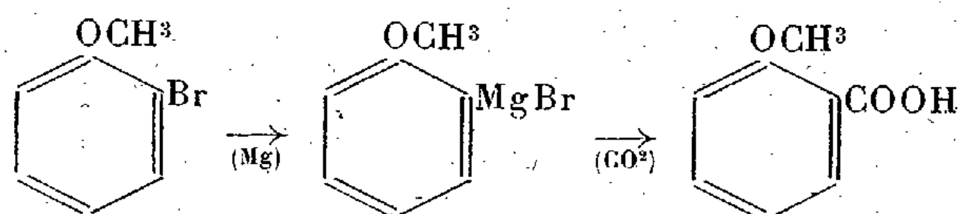


2° Le bromo-2 chloro-4 anisol, $É_{17}$ 126-127°, prismes rhombiques et aiguilles (dans l'alcool), F 22°, se prépare aisément en traitant par la quantité théorique de brome le parachloroanisol dissous dans CS^2, et en présence d'eau. Le parachloroanisol ($É_{17}$ 85-87°, n_D^{15} 1,5400) est lui-même obtenu en faisant barboter un rapide courant de chlore dans l'anisol.

Le bromo-2 chloro-4 anisol donne, sans difficulté lui aussi, un monomagnésien, avec un rendement de 78-80 % ; celui-ci a été déterminé par l'hydrolyse qui redonne le parachloroanisol (II). L'oxydation conduit au chloro-4 gaïacol (I) déjà connu (prismes, dans l'éther ordinaire, F 37°). Le monomagnésien est donc le bromure de chloro-5 méthoxy-2 phénylmagnésium. Mais la carbonatation de ce magnésien, au lieu de conduire à l'*acide chloro*-5 méthoxy-2 benzoïque (petites aiguilles dans l'eau, F 81-82°), donne l'acide chloro-3 anisique (III), tout comme le magnésien du chloro-2 bromo-4 anisol : nous retrouvons donc la même anomalie que dans le cas du di-bromo-2.4 anisol ;



3° Pour déterminer à quel groupement il faut imputer ces réactions anormales, j'ai enfin étudié la carbonatation du magnésien de l'orthobromoanisol : celle-ci donne uniquement l'acide orthométhoxybenzoïque (lamelles, dans l'eau, F 99°) :



Nous pouvons donc conclure de cette étude que :

a. L'hydrolyse et l'oxydation des combinaisons monomagnésiennes des dérivés di-halogénés en 2.4 de l'anisol conduisent à des produits normaux.

b. Le produit de la carbonatation est également normal, si l'atome halogène le plus actif vis-à-vis du magnésium est situé en para par rapport au groupement méthoxyle (cas du chloro-2 bromo-4 anisol).

c. Au contraire, la carbonatation donne un produit normal, si l'atome halogène donnant le monomagnésien est fixé en ortho par rapport à $—OCH^3$. Cette anomalie se présente aussi bien pour le di-bromo-2.4 anisol que pour le bromo-2 chloro-4 anisol. Elle ne peut donc s'expliquer que par une transposition moléculaire entre le groupement $—C\langle^{\displaystyle /\!/ O}_{\displaystyle \diagdown OMgO}$ situé en ortho et le deuxième atome halogène situé en para par rapport à $—OCH^3$.

d. Enfin cette transposition est due à la présence de ce deuxième atome halogène fixé en méta par rapport au premier, et non à l'existence du groupement méthoxyle en ortho, puisque la carbonatation du magnésien de l'orthobromoanisol a lieu de façon tout à fait normale. Ce genre de transposition n'avait jamais été signalé jusqu'à présent.

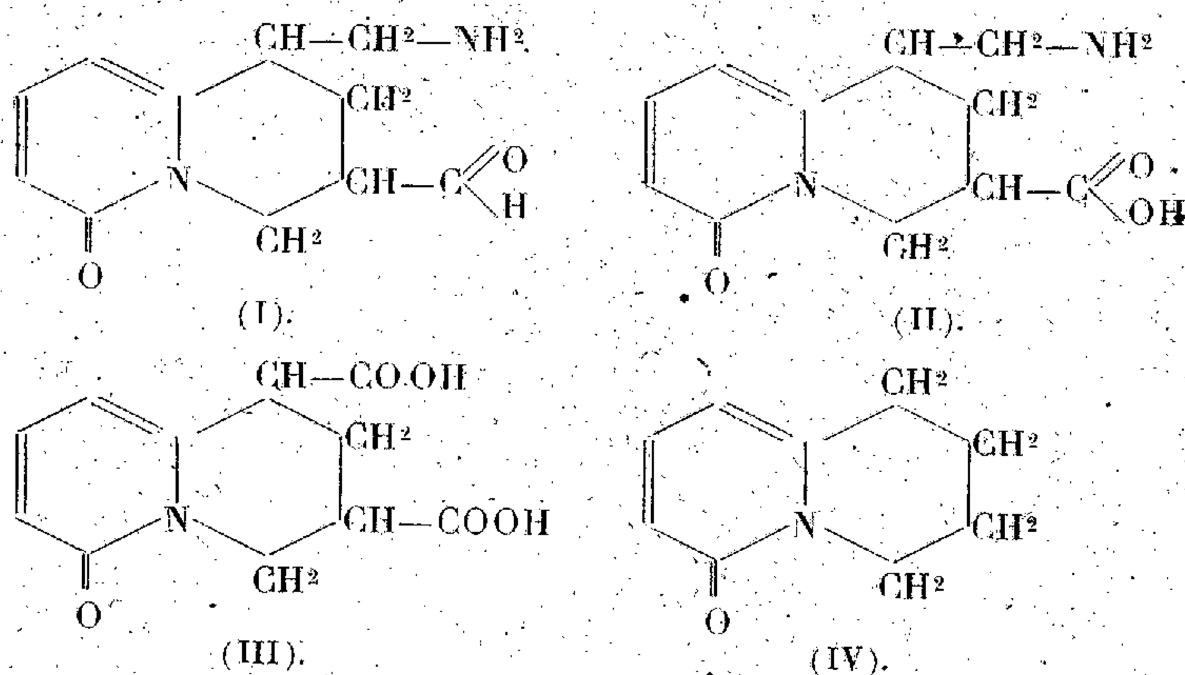
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de la cytisine.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Henri Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La formule de constitution de la cytisine proposée par R. H. Ing repose principalement sur l'obtention de la méthyl-3 *n*-amyl-5 pipéridine (VII) par dégradation de l'iodométhylate de N-acétyltétrahydrodésoxycytisine (Späth et Jalinovsky) et sur celle du tétrahydrosemicytisilène à partir de l'iodométhylate de N-méthylcytisine.

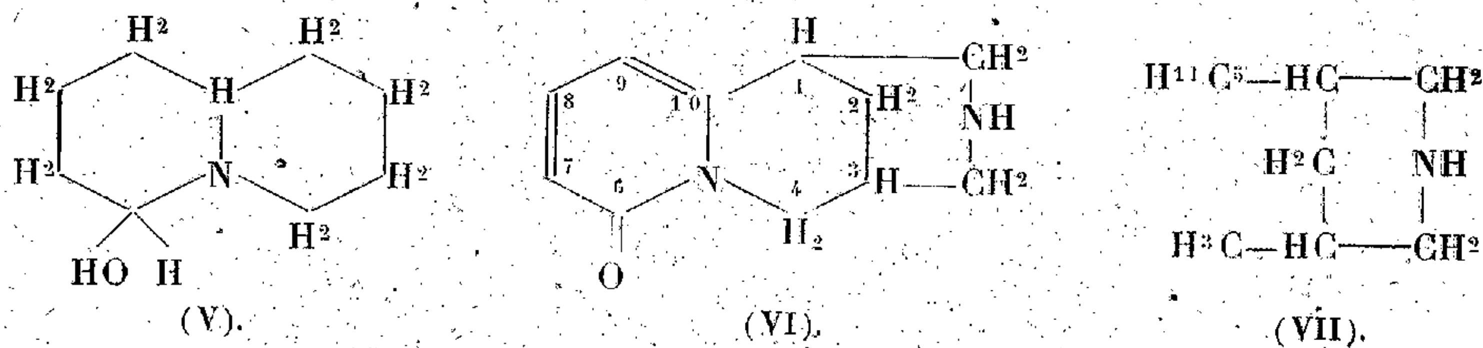
Mais l'existence d'un noyau pyridocolique n'était encore que vraisemblable : c'est la preuve de sa présence dans la cytisine que nous apportons ici.

L'action de O^2H^2 sur cette base ne donne pas lieu à formation de N-oxyde, mais, suivant qu'on opère en présence d'une molécule de O^2H^2 en solution à 3 % ou en présence d'un excès de perhydrol à 30 %, on obtient soit un composé alcalin (F 132°) répondant à la formule $C^{11}H^{14}N^2O^2$, soit une substance, de réaction neutre (F 157°) et de formule $C^{11}H^{14}N^2O^3$. Le premier

possède une fonction amine primaire et un groupement aldéhydique [phénylhydrazone (F 181°) oxime (F 156°)] [formule (I)]; la seconde est un acide aminé et peut d'ailleurs être préparée par oxydation sulfochromique du dérivé aldéhydique précédent; nous l'avons dénommée *acide cytisique* et proposons pour elle la formule (II). En effet, en procédant à la désamination de cet amino-acide (par diazotation et action de l'alcool, ou mieux par action du nitrite d'amyle, nous avons obtenu un nouveau composé, $C^{11}H^{13}NO^{3}$ (F 190°), la tétrahydro-1.2.3.4 méthyl-1 carboxy-3 céto-6 pyridocoline :



Le groupement méthyle ainsi formé est oxydé par le mélange sulfochromique en carboxyle et l'acide dicarboxylique (III) obtenu (F 214-216°) est décarboxylé par chauffe avec trois parties de chaux. On se trouve alors en présence d'un produit coloré en brun, soluble dans l'eau, l'alcool et l'acide acétique, insoluble dans l'éther ou le chloroforme, que nous avons décoloré et purifié par chromatographie sur une colonne de talc; l'analyse de ce produit répond à celle d'une tétrahydro-1.2.3.4 céto-6 pyridocoline (IV). Sa réduction par hydrogénation catalytique conduit par absorption de 6 à 8 atomes d'hydrogène à un mélange d'hydroxy-6 octahydropyridocoline (F 71-72°) et d'octahydropyridocoline. L'octahydropyridocoline a été identifiée au dérivé *cis* de Clémo par les points de fusion des picrate, picrolonate, chloraurate et iodométhylate. L'hydroxy-6 octahydropyridocoline (V), cristaux incolores fondant à 171-172°, n'était pas encore connue; son analyse répond bien à la



formule $C^{9}H^{17}ON$; son poids moléculaire déterminé par cryoscopie dans le benzène est de 155 et l'indice d'acétyle de son dérivé acétylé s'accorde avec la

formule proposée. Enfin, en réduisant ce dérivé alcoolique par la méthode de Clemmensen, nous avons isolé la même *cis*-octahydropyridocoline.

Ceci constitue la preuve de la structure pyridocolique de la cytisine et de la formule proposée par Ing (IV). Le chaînon $CH^2—NH—CH^2$, dont l'existence est abondamment démontrée par l'action de C^2H^2 sur la cytisine, ne peut se rattacher qu'aux carbones 1 et 3 de la pyridocoline, et non par exemple en 2.4, du fait que la dégradation de Hoffmann appliquée à la cytisine conduit, nous l'avons vu, à la méthyl-3 amyl-5 pipéridine (VII). Ainsi se trouve définitivement établie la constitution des différents cycles de la cytisine.

GÉOLOGIE. — *Résultats récents de l'étude du Rif français (sillon rifain).* Note (¹) de M. **Jean Marçais**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1938 (²), j'ai précisé l'âge et le style des plissements dans la partie orientale du Rif français. L'importance du recouvrement de la série marno-schisteuse sur le Nord du Prérif, ainsi reconnue au Nord de Taza, nous avait amenés à accomplir, le regretté J. Lacoste, M. P. Fallot et moi-même, une course dans l'Est du Rif méridional (Senhadjas) pour y vérifier l'extension des charriages. J. Lacoste a donné les résultats de cette tournée pour sa région d'étude (³).

La découverte de fenêtres de vaste étendue dans la série marno-schisteuse m'avait logiquement conduit à admettre en 1938 le charriage d'une partie au moins de cette série. Et en 1939 J. Lacoste avait lui-même envisagé une superposition de la série marno-schisteuse sur la série prérifaine (⁴).

Voici les principaux faits qui démontrent ce charriage :

1° *Fenêtres dans la nappe de la série marno-schisteuse.* — Outre les fenêtres déjà connues à l'Ouest de Tainest (Beni Krama) et dans les Senhadjas (Oued Tamda), signalons la boutonnière de la vallée du Haut-Leben, où la série nummulitique prérifaine s'enfonce partout sous la série marno-schisteuse et les *sofs* de Kef el Ghar. Au Nord de Taza, le massif du Kouine, sur 15^{km} de long et 5^{km} de large, et celui d'Aïn Aokka au Sud, sur 12^{km} de long et 4^{km} de large environ, émergent de la nappe marno-schisteuse. Ils sont formés par un flysch clair, surtout nummulitique, par place miocène. Ce flysch réapparaît entre le Haut Kert et le Haut Nkor, où il forme une vaste fenêtre dont les limites septentrionales sont en zone espagnole. Dans ces fenêtres, la série claire, substratum visible de la nappe de la série marno-schisteuse, est, surtout dans le Nord, plissée mais non disloquée, ne montre pas de Trias diapyr et contient des laves lamprophyriques généralement altérées (calcifiées), voisines des aiounites et des mestigmeurites. La série marno-schisteuse, elle, se présente dans le désordre tectonique que j'ai déjà décrit (¹). Au Nord des chaînes du Kouine et d'Aïn Aokka, elle se charge de massifs de Lias calcaire et de Paléozoïque

(¹) Séance du 1er juin 1942.
(²) *C. R. Soc. Géol. France*, n° 17, 1938, p. 330.
(³) *Bull. Soc. Géol. France*, 1941 (sous presse).
(⁴) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 226.

(Azrou, Akchar, Merzougui). Au Sud au contraire, elle est presque uniquement formée de Crétacé schisteux injecté de Trias gypseux. Tout se passe comme si ces chaînes avaient déjà existé à l'époque du charriage et s'étaient opposées au passage des grosses masses rigides entraînées dans la série plastique et fluente. On peut évaluer approximativement à 500^{km^2} la superficie de cet ensemble de fenêtres.

2° *Front de la nappe de la série marno-schisteuse.* — Je n'avais pas avant 1941 reconnu nettement le front de la nappe. En octobre dernier j'ai examiné la région de Bab Termas, à 35^{km} au Nord de Taza. Là des masses de Trias gypseux et dolomitique, injectées dans la série marno-schisteuse brune, forment un anneau irrégulier de 25^{km} de périphérie. Les collines de Nummulitique prérifain entourent et dominent ce complexe. Partout on observe que le Nummulitique plonge périclinalement sous l'ensemble Crétacé-Trias. Les pendages sont nets; des réapparitions en fenêtres du Nummulitique sous le Trias et des témoins de charriage sur l'Éocène mettent en évidence le recouvrement. La série marno-schisteuse et le Trias reposent là en faux synclinal, en berceau, sur le Prérif. Le Nummulitique prérifain s'enfonce au Nord sous la nappe et je ne connais plus, en zone française au moins, le faciès des marnes blanches à silex éocènes. Ce front de la nappe se continue à l'Est (Tizeroutine) et à l'Ouest (Bab Karia, En Nehir).

Plus loin au Nord-Est, le bord de la nappe atteint la zone espagnole au Sud de Dar Drius, passe au Nord des Kebdanas, par l'embouchure du Kiss, puis dans le Nord de l'Oranie, où M. Gautier l'a étudié et décrit (5). Vers l'Ouest un examen des cartes géologiques (6) montre la limite des deux sillons, rifain et prérifain, soulignée par l'opposition des faciès et des styles. En particulier la présence de Jurassique schisteux brun et violet, et celle de nombreux *sofs* calcaires fichés dans la série marno-schisteuse, sont des caractères typiques de la nappe. On peut ainsi tenter de tracer le contact anormal probable qui doit limiter vers le Sud les dépôts charriés du sillon rifain. Cherchant le prolongement de ce contact vers l'Ouest nous avons, Mme Gubler et moi, examiné en 1941 l'Oued Zendoula au Nord d'Ouezzan. Là, si le contact anormal n'est pas visible, ni bien dégagé par l'érosion comme à l'Est, il paraît difficile de ne pas envisager qu'il existe, assez vertical et jalonné par les débris tectoniques primaires et triasiques que M. Bourcart a figurés sur sa carte. Au Sud d'Ouezzan, nous avons, M. Tenaille et moi, cherché à préciser la position du massif de Sidi Redouane. Stratigraphiquement et tectoniquement, ce massif paraît semblable aux *sofs* du Leben. Là encore le chevauchement est très probable, mais il n'est pas démontré d'une façon certaine.

Ainsi on peut, semble-t-il, admettre aujourd'hui *que la série marno-schisteuse est très largement charriée sur le Nord du sillon prérifain. L'amplitude du recouvrement sur le méridien de Taza atteint* 50^{km} *au moins.* Il est possible que, plus à l'Ouest, la nappe s'étale plus largement encore. Mais, s'il est logique de considérer que l'Ouest de la chaîne rifaine présente la même structure que l'Est, il est difficile de vérifier le fait, la région occidentale étant moins profondément érodée que l'orientale.

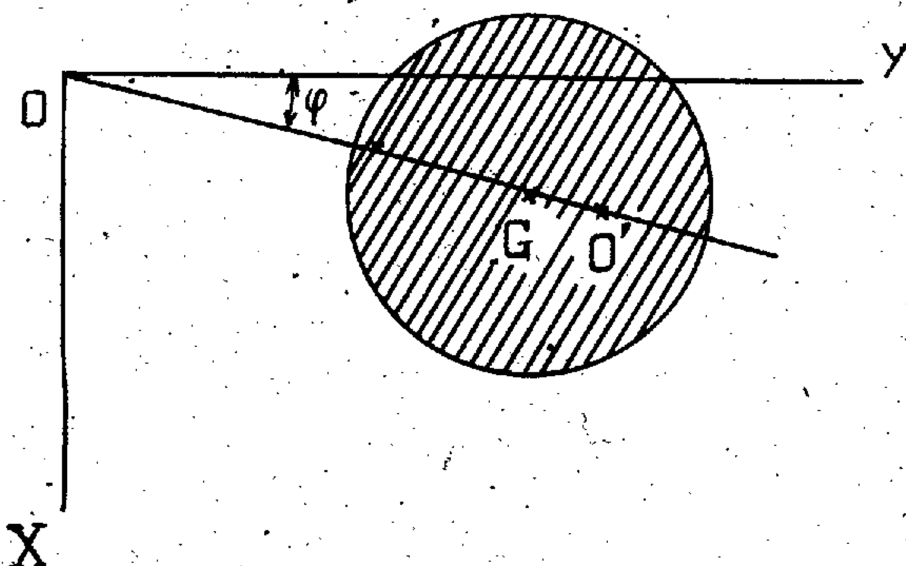
---

(5) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2092.
(6) *Publ. du Serv. Mines et Carte Géol. du Maroc*, nos **21** et **29**.

SÉISMOLOGIE. — *Sur l'utilisation de la masse des séismographes et la possibilité d'améliorer les caractéristiques de certains appareils à amplification mécanique.* Note de M. **Gaston Grenet**, présentée par M. Charles Maurain.

Considérons un séismographe constitué par une masse mobile pouvant tourner autour d'un axe OZ perpendiculaire au plan de la figure. Soient M la valeur de la masse mobile, K son moment d'inertie par rapport à l'axe OZ, G la projection du centre de gravité sur le plan XOY, φ l'angle $\widehat{GOY}$.

Posons $OG = L_1$, $L_2 = K/ML_1$.



Soit O' un point de OG tel que $OO' = L_2$. Supposons la masse rappelée vers sa position d'équilibre par un ressort ou tout autre dispositif de telle façon qu'en l'absence de mouvement du sol la période des petites oscillations soit $T_0 = 2\pi/\Omega_0$. Supposons qu'un amortisseur produise un couple proportionnel à $d\varphi/dt$ et négligeons tous les autres frottements.

En faisant les hypothèses habituelles, en particulier en négligeant les mouvements de rotation du sol et en s'en tenant au cas des déplacements infiniment petits par rapport à L_2, on établit aisément l'équation du mouvement. Soient X, Y, Z les composantes de la translation du mouvement du sol dans un système de référence fixe parallèle au système OXYZ lié au sol. On obtient

$$K\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta\Omega_0 K\frac{d\varphi}{dt} + K\Omega_0^2\varphi = ML_1\frac{d^2X}{dt^2}, \tag{1}$$

ce qui s'écrit

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta\Omega_0\frac{d\varphi}{dt} + \Omega_0^2\varphi = \frac{1}{L_2}\frac{d^2X}{dt^2}. \tag{2}$$

Un raisonnement hâtif fait dire que tout se passe comme si la masse était concentrée au point O' tel que $OO' = L_2$. Mais ce raisonnement est inexact. On peut, sans altérer les propriétés de l'appareil, modifier la répartition des masses à condition de ne pas changer les valeurs de K, de M et de L_1. C'est ce qui est obtenu si l'on remplace la masse réelle par deux masses ponctuelles $M(L_1/L_2)$ placée en O' et $M[(L_2 - L_1)/L_2]$ en O. Il est évident que la

masse placée en O n'a aucun effet. Donc la seule masse $M(L_1/L_2)$ placée en O' et assujettie à tourner autour de l'axe OZ représente convenablement le séismographe considéré. Une discussion complète conduit au même résultat que ce raisonnement rapide. On voit ainsi apparaître le coefficient L_1/L_2 qui définit l'utilisation de la masse mobile. Si l'on tient compte de l'inertie des leviers amplificateurs, on trouve que le coefficient d'utilisation de la masse est encore abaissé.

Ce coefficient d'utilisation, compte tenu de l'influence de l'inertie des leviers, est égal au rapport de l'amplification pour les mouvements rapides du sol (dite amplification statique) à l'amplification du mouvement du centre de gravité. La détermination de l'amplification dite statique se fait par le procédé habituel. L'autre terme de ce rapport est égal à l'amplification totale des leviers.

La masse des séismographes de petite dimension est en général bien utilisée (coefficient voisin de 0,8). Pour les appareils de courte période et de grande masse, les déplacements étant en principe des translations, le coefficient d'utilisation de la masse considérée isolément est de 1. Mais, du fait de l'importance de l'amplification, l'inertie des leviers et du dispositif d'augmentation de la période peuvent diminuer considérablement le facteur d'utilisation de la masse. Bois [1] signale que le dispositif d'astatisation du pendule de 19 tonnes qu'il a étudié a pour effet de réduire considérablement l'amplification de cet appareil. Il est probable que le coefficient d'utilisation de la masse de cet appareil, pour la composante verticale, est de l'ordre de 0,25. Comme l'amplification que l'on peut obtenir d'un séismographe à amplification mécanique est d'autant plus grande que la masse de l'appareil est elle-même plus grande, on voit qu'il y aurait le plus grand intérêt à chercher à améliorer dans toute la mesure du possible l'utilisation des masses des grands séismographes à amplification mécanique.

MICROPALÉONTOLOGIE ET MORPHOGÉNIE. — *Possibilités morphogénétiques comparées du calcaire et de la silice, à propos d'un nouveau type de microfossile calcaire de structure complexe,* Lithostromation perdurum *n. g. n. sp.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Une différence fondamentale sépare les sécrétats cellulaires calcaires et siliceux : dans leur forme définitive, les premiers sont cristallins (calcite ou aragonite), les seconds restent toujours amorphes. Les matériaux d'élaboration des uns et des autres doivent apparemment traverser une phase colloïdale fugace (albuminates de calcium et complexes silico-organiques?) d'étude

(1) Ch. Bois, *Publication du Bureau central Séismologique International,* série A, *Travaux Scientifiques,* 8, 1933, p. 5.

ardue et pratiquement inconnue. Lors de l'acquisition de l'état solide figuré, *le calcaire semble devoir être moins plastique que la silice*, dont le passage de l'état de sol à l'état de gel (opale *sensu lato*) n'est d'ailleurs sans doute pas irréversible, à l'intérieur même de la cellule vivante. Ces considérations s'accordent avec les remarques suivantes.

Qu'il s'agisse de productions squelettiques internes ou de formations péricellulaires, les éléments siliceux microscopiques atteignent une complexité et une délicatesse de structure (¹) que ne revêtent point les éléments calcaires de même taille (²). Aucun élément squelettique calcaire d'origine biologique ne présentant une structure comparable au minuscule squelette siliceux si compliqué de certaines Ébriidées ou à la paroi de certaines Diatomées, on pouvait donc penser que ce fait était lié à la texture moléculaire de la calcite et qu'il y avait, par conséquent, incompatibilité, à une certaine échelle, située pratiquement au-dessous de 50^{μ}, entre celle-ci et la genèse de structures aussi complexes et délicates que celles présentées par les organismes siliceux.

La découverte de *Lithostromation perdurum* n. g. n. sp., microfossile calcaire des silex ménilites et des marnes du Sahélien d'El Medhi (Oranie), apporte une fort intéressante exception à cette règle, dont la généralité objective n'est toutefois entamée qu'au regard des formations squelettiques. Ce microfossile (*fig.* 1 à 9), de très faible taille (12 à 16^{μ}) possède un squelette calcaire aussi complexe, par exemple, que celui, siliceux, de l'Ébriidée *Hermesinopsis Caulleryi* Defl. (19 à 22^{μ}). En bref, il est constitué par un plateau triangulaire portant six perforations, sur les deux faces duquel le centre, formant pilier, soutient un appendice à trois branches fourchues, évidées au-dessous, et dont les axes sont décalés de 30° à droite par rapport à ceux du plateau; chaque branche envoie un prolongement vers l'un des sommets du triangle et l'autre vers le milieu de chaque côté. En vue latérale (*fig.* 7, 8), l'organisme apparaît fortement bombé et rappelle un coussinet. Les marges de variation individuelles seront décrites ultérieurement. Par sa symétrie et par ses deux faces identiques, *Lithostromation* s'éloigne des Coccolithophoridées et des Discoastéridées, abondantes dans le microplancton sahélien d'Oranie. Ce n'est donc pas un *élément de revêtement cellulaire*, comparable aux coccolithes, mais un

---

(¹) Que détaille même le microscope électronique (cf. Müller et Pasewaldt, *Naturwiss.*, 30, 1942, p. 55).

(²) De nombreux exemples probants pourraient être énumérés, tant chez les êtres dits *supérieurs* (animaux et plantes) que chez les Protistes. Pour s'en tenir à ces derniers, il suffit d'évoquer les Radiolaires et surtout les Diatomées, auxquels s'ajoutent les diverses familles de Flagellés siliceux que j'ai étudiées ici même (cf. *Comptes rendus*, **194**, 1932, pp. 1859 et 2171; **211**, 1940, p. 597 etc.). Parallèlement à cette extraordinaire profusion de formes siliceuses microscopiques, il n'existe pas de formes calcaires correspondantes : seules peuvent être citées les Coccolithophoridées et les Discoastéridées, beaucoup moins variées et nettement plus grossières.

squelette intracellulaire, ayant probablement appartenu à un Flagellé d'un type actuellement inconnu dans le plancton de nos océans. Ses caractères excep-

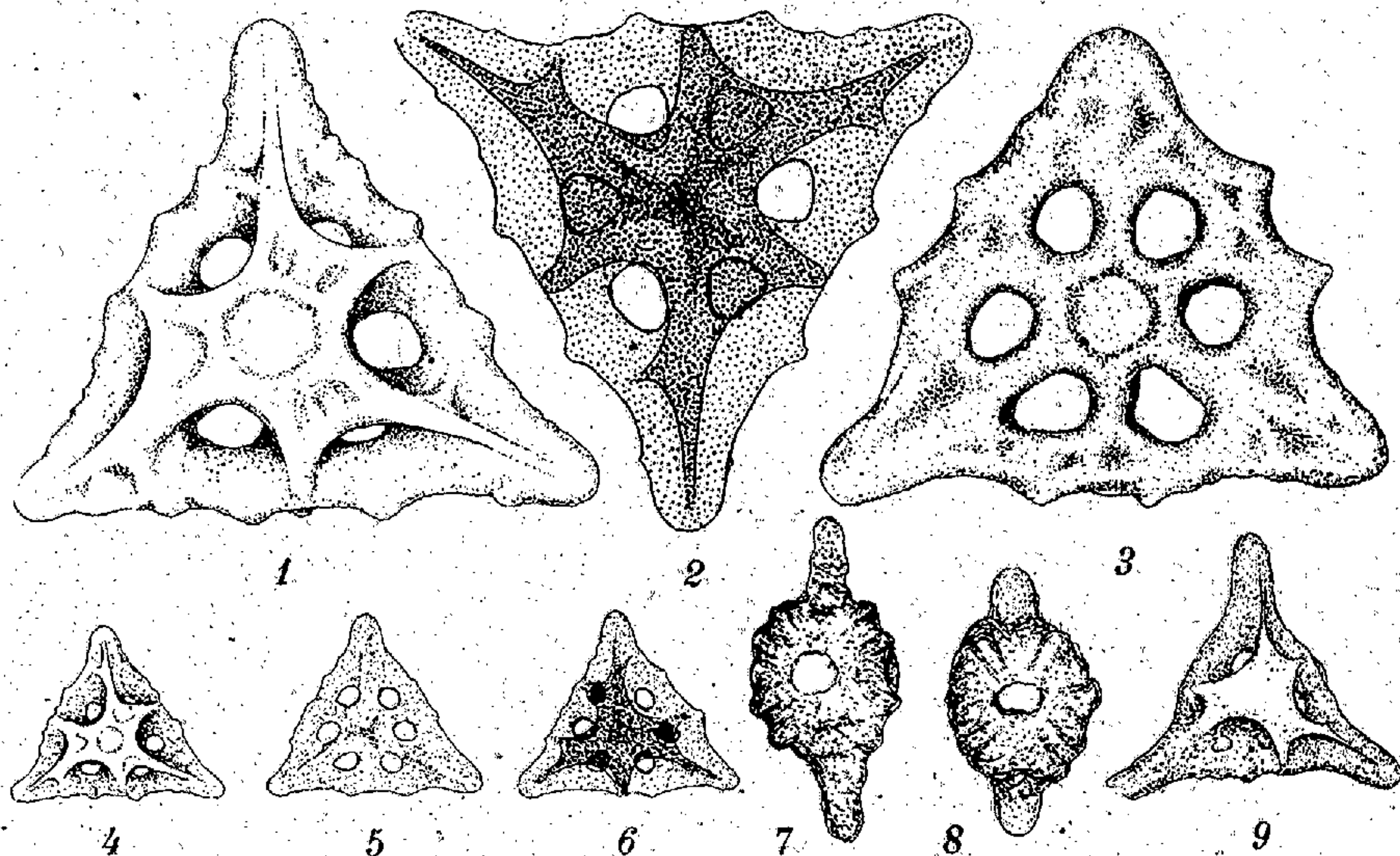


Fig. 1 à 9. — *Lithostromation perdurum* n. g. n. sp., microfossile calcaire du Sahélien d'Oranie. 1, Holotype en vue frontale; 2, représentation semischématique, la partie supérieure enlevée : en sombre, la partie inférieure; 3, Paratype réduit au plateau triangulaire; 4 à 6, même exemplaire que figure 1 : vue supérieure, coupe optique médiane, vue inférieure; 7 et 8, vues latérales de deux autres spécimens; 9, autre paratype (1 à 8 : marnes; 9 : silex); 1 à 3, gross. 3800; 7 et 8, gross. 1640; 4 à 6 et 9, gross. 1400.

tionnels en font un microfossile particulièrement remarquable, d'une part au point de vue paléontologique, d'autre part relativement aux problèmes concernant les possibilités morphogénétiques du carbonate de calcium et, plus généralement, la morphogénie des éléments minéralisés intracellulaires.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Mutations expérimentales provoquées par l'action d'un champ magnétique sur l'œuf de* Drosophila melanogaster. Note (¹) de MM. **Simon Chevais** et **Pierre Manigault**, présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreux chercheurs ont essayé de voir si le champ magnétique pouvait agir sur la matière vivante. La plupart ont obtenu des résultats négatifs. Pourtant, certains ont fourni des indications intéressantes. N. Perakis (²) notamment a montré que le développement d'œufs d'Oursins (*Echinus melo* et *Strongylocentrotus lividus*) semblait un peu retardé par le champ; ce retard ne se constatait plus dans le champ uniforme d'un grand électroaimant : il est possible en effet que l'action retardatrice soit produite par une force mécanique exercée par le champ sur une particule diamagnétique ou paramagné-

(¹) Séance du 1er juin 1942.
(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 1686-1688.

tique présente dans les organismes soumis à l'essai; cette action doit alors disparaître complètement dans un champ uniforme ([3]).

Dans un champ non uniforme au contraire, dont l'intensité varie de $\partial\mathcal{H}$ lorsqu'on se déplace en suivant un petit segment de longueur ∂x, une petite particule est soumise à une force proportionnelle au demi-gradient du carré du champ, c'est-à-dire au produit $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial x)$. Dans nos essais, nous nous sommes placés dans des conditions telles que ce gradient atteigne en certaines régions des valeurs de plusieurs millions d'unités C. G. S. Des aimants permanents convenablement choisis suffisent pour obtenir ces valeurs dans de petits volumes et la microbalance que l'un de nous, en collaboration avec M. Tsaï, a réalisée récemment ([4]) nous permet de connaître les valeurs de ce produit.

Nous avons dans ces conditions recherché si, malgré l'extrême petitesse des forces que l'on peut prévoir, on ne constaterait pas, en prolongeant la durée de leur intervention, quelque action sur des chromosomes au moment de la mitose. L'œuf de *Drosophila melanogaster* s'est montré un matériel favorable pour des essais préliminaires : en effet il est assez facile de l'immobiliser pendant longtemps au voisinage des pôles d'un aimant, en maintenant les conditions de milieu qu'exige son développement; en outre on peut localiser, grâce à sa forme, le pôle germinal où sont situées les cellules sur lesquelles il est important d'agir pour y provoquer des mutations germinales. La durée de l'exposition à l'action du champ magnétique était de l'ordre de 24 heures à une température de 25°. Il nous a été donné d'observer par la méthode classique de croisement par C*lb* (Müller) quelques mutations visibles portant en particulier sur les ailes et des mutations létales; toutes ces mutations étaient bien dues à l'action du champ magnétique, car aucune mutation n'apparaissait dans les cultures témoins.

Les champs magnétiques qui nous ont donné ces résultats étaient des champs constants, ne changeant pas avec le temps. Nous avons fait, avec des champs variant avec le temps, des essais pour lesquels nous n'avons pas observé de mutations et qui nous ont seulement fourni un contrôle supplémentaire. Ces résultats préliminaires seront complétés par une étude plus précise des conditions d'action du champ magnétique sur les œufs, sur les adultes et même si possible sur les chromosomes isolés.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la structure des Hypermastigines du genre* Staurojœnina. Note de MM. **Pierre-P. Grassé** et **André Hollande**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude d'une nouvelle Hypermastigine du genre *Staurojœnina*, *St. caulleryi* n. sp., symbiote intestinal d'un Termite de Madère (*Neotermes præcox* Woll.),

---

([3]) S'il s'agit d'une particule *anisotrope* un couple s'exerce sur elle, même dans un champ uniforme.

([4]) Pierre Manigault et Belling Tsaï, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 658.

nous permet d'élucider la structure, encore mal comprise, de ce Flagellé extrêmement complexe et de préciser sa position systématique.

Staurojœnina caulleryi a la forme d'une amphore pansue, au col flanqué de quatre lobes cytoplasmiques saillants (I, II, III, IV), qui alternent avec quatre areas flagellaires étroites, comprises entre l'apex et le noyau. A cette symétrie externe tétraradiaire correspond une organisation interne qui rappelle, à certains égards, celle d'un Échinoderme à symétrie radiaire : autour de l'axe longitudinal, se répètent des parties semblables, ou antimères. Le noyau (*N*) reste indivis et occupe une position axiale, à la base du col de l'amphore.

Chaque antimère a pour origine un centrosome axial (*C*), en baguette renflée vers l'avant et acuminée vers l'arrière. Les quatre baguettes convergent vers le haut, arrivent au contact, ou presque, l'une de l'autre, à courte distance de l'apex. Vers l'arrière, elles s'écartent quelque peu, mais n'en délimitent pas moins un espace étroit, analogue au tube rostral d'une *Trichonympha*.

De chaque centrosome partent vers l'arrière : 1° une lame sous-flagellaire complexe (*Lf*); 2° une lame cténofilamentaire (*Lc*) et, vers l'avant, 3° deux filaments lobaires (*Fl*).

I. *La lame sous-flagellaire* (*Lf*), fortement arquée vers l'extérieur, se creuse en gouttière à concavité externe, et présente, en outre, une torsion dextre. Elle se compose de bandelettes étroites, imbriquées, comme les lames de bois de la coque d'un bateau, qui toutes convergent sur le centrosome. La plupart d'entre elles (une dizaine environ), vont directement vers l'arrière et se continuent chacune par un filament (*filament parabasal*) *Fp*, qui donne insertion à un corps parabasal *Pa*, conformé et structuré comme celui d'une *Trichonympha*.

Trois ou quatre autres bandelettes (*bandelettes de soutien Bs*), toujours sans parabasaux, suivent un trajet différent. Elles commencent, semble-t-il, par faire partie intégrante du plancher sous-flagellaire; puis, à des distances variables du centrosome, en sortent du côté interne, se coudent brusquement vers la droite de la lame, contre laquelle elles restent appliquées intimement, à la manière des cercles de tonneau entourant les douelles. Arrivées au bord droit du plancher, elles se courbent une deuxième fois à angle droit, se dirigent à nouveau vers l'arrière et se terminent par un filament, court et épais, qui pénètre dans le lobe cytoplasmique adjacent, où il se porte sous la face gauche.

C'est sur la face concave de la lame que se disposent, en séries régulières longitudinales, les blépharoplastes (*Gf*) d'où naissent les flagelles.

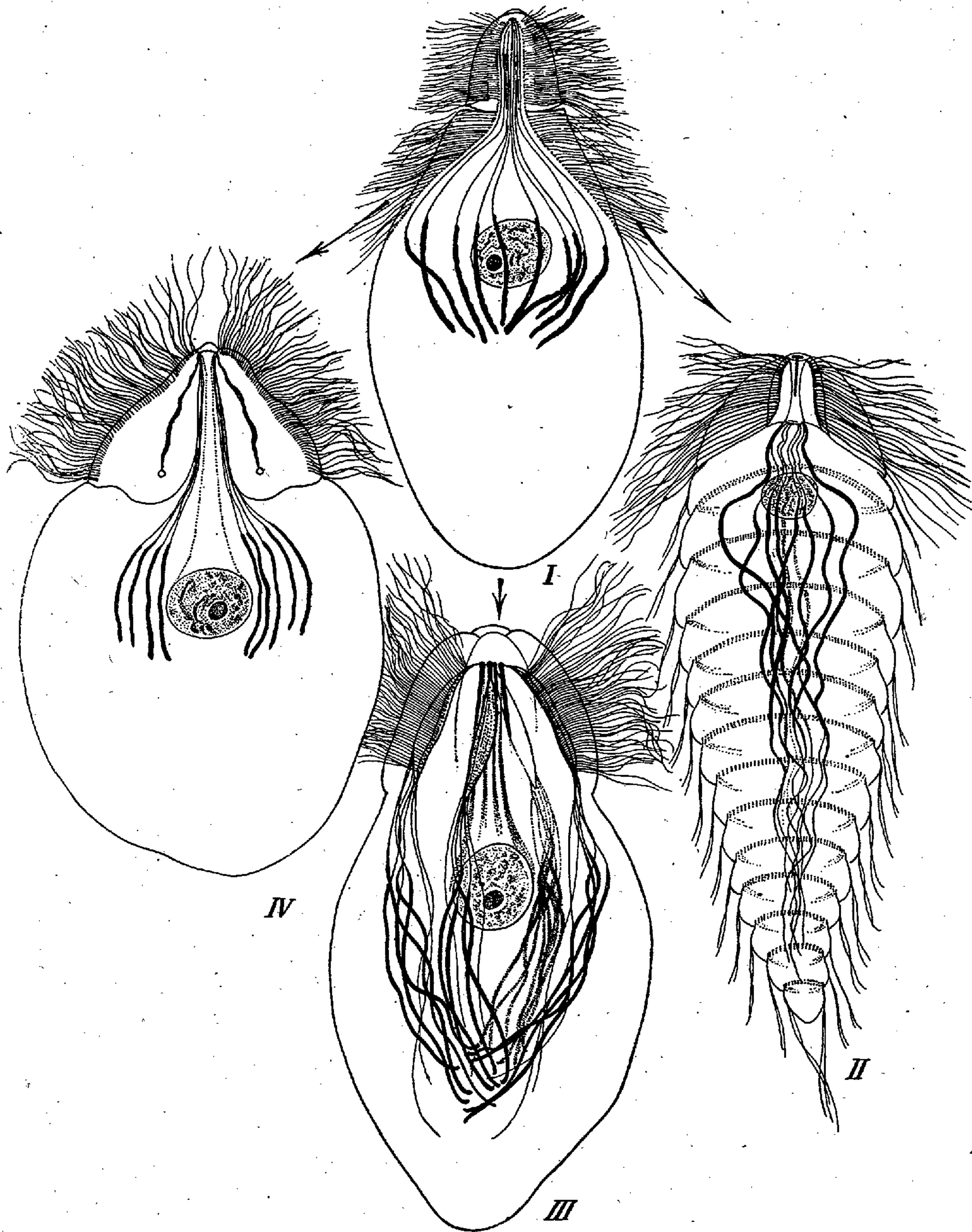
II. *La lame cténofilamentaire* (*Lc*) suit le bord gauche de la lame sous-flagellaire; elle est moins large que cette dernière. De loin en loin s'en détachent des bandelettes, qui pénètrent dans le lobe cytoplasmique adjacent, venant s'appliquer, en décrivant une courbe, sous la face droite de celui-ci. Chaque bandelette se continue par un filament (*Cf, cténofilament* de Kirby [1]), d'autant plus long que l'insertion de la bandelette sur la lame est plus postérieure. Les filaments des dernières bandelettes sortent des lobes, s'étendent loin vers l'arrière et sont les seuls à porter un parabasal (*Pa*).

III. De la tête de chaque centrosome s'élèvent, vers l'apex, deux fibres (Fl_1, Fl_2), qui rapidement se recourbent vers l'intérieur et pénètrent dans un même lobe cytoplasmique, longeant l'une la face gauche et surplombant les cténofilaments, l'autre la face droite et passant au-dessus des filaments prolongeant les bandelettes de soutien.

---

[1] *Univ. of California, Publ. in Zoology*, 29, 1926, pp. 25-102.

IV. Contre chaque baguette centrosomienne s'applique, du côté externe, un délicat ruban, parsemé de granules chromatiques. Deux de ces rubans sont courts et n'atteignent



1. *Trichonympha*; 2. *Teranympha*; 3. *Staurojœnina*; 4. *Barbulanympha*.

pas le noyau; les deux autres, beaucoup plus longs, se fixent à lui par leurs extrémités postérieures et lui forment un suspenseur (*Sn*). Filaments courts et longs alternent.

Les appareils parabasaux (*Pa*), qu'ils dépendent des cténofilaments ou des lamelles sous-flagellaires, sont identiques et distribués en quatre groupes correspondant aux antimères de la *Staurojœnina*.

CYTOLOGIE. — *La sporulation et la spore d'un Bacille géant,* Bacillus (Flexilis) lophospora *n. sp.* Note (¹) de Mlle **Madeleine Pierre**, présentée par M. Charles Pérez.

Les cytologistes admettent que l'accroissement de la taille favorise la complexité structurale de la cellule. Les grands Protozoaires (Flagellés, Ciliés, ...) acquièrent des organites qui manquent ou sont à peine ébauchés dans les petits. Il ne s'agit certes pas d'une règle absolue mais d'une coïncidence très fréquente. Il semble que certaines structures ne se réalisent qu'à l'intérieur d'éléments dont la taille ne descend pas au-dessous d'un certain minimum.

Il n'est pas sans intérêt d'établir que les organismes non construits sur le type cellulaire obéissent à cette règle : les Bactéries sont d'autant plus complexes qu'elles sont plus grandes. Dans la présente Note, nous en donnons un exemple qui nous paraît incontestable et qui a de plus l'avantage de montrer qu'une cytode peut élaborer des formations comparables en perfection à celles d'une cellule.

Dans le rectum de la Salamandre maculée (*Salamandra maculosa*) vit un grand Bacille (30 à 90$^{\mu}$ de long sur 2 à 3$^{\mu}$ de large), qui appartient à une espèce encore non décrite. Sa nage est rapide, il glisse en ligne droite, tout en oscillant sur lui-même, grâce à sa flexibilité. Nous le rangeons dans le groupe des *Flexilis* tel que l'ont défini Duboscq et Grassé (1927) (²) et le nommerons *Bacillus* (*Flexilis*) *lophospora* n. s.

Les individus asporulés se présentent sous deux aspects principaux : l'un homogène (*a*, *fig.* 1), à plasma contenant de minuscules vacuoles claires et non métachromatiques, alignées le long du grand axe, avec peu ou pas de granulations colorables; l'autre plus ou moins granuleux (*b*, *fig.* 1), à plasma riche en inclusions variées (grains à réaction nucléale positive, lipides, métachromatine, glycogène), à vacuoles axiales plus grandes. La division transversale porte presque toujours sur des individus du deuxième type.

Dans quelques exemplaires granuleux, nous avons vu s'ébaucher le ruban chromatique (filament axial de Delaporte) par alignement de grains chromatiques (*b*, *fig.* 1) [cf. Schaudinn (³) pour *Bacillus bütschlii*, Duboscq et Grassé pour *Flexilis dobelli*]. Il est fort probable que les granules qui composent le ruban chromatique sont les nucléosomes, comme l'a décrit Ch. Hollande (⁴) dans divers grands Bacilles. Le ruban, étant donné sa réaction nucléale positive, pourrait avoir la valeur d'un noyau.

(¹) Séance du 20 avril 1942.

(²) *Archives Zool. exp. et gén.*, 66, 1927, p. 451.

(³) *Arch. f. Protistenkunde*, 1, 1902, p. 306.

(⁴) *Ibid*, 73, 1934, p. 465.

La sporulation s'effectue indifféremment dans les individus de toutes dimensions (de 30 à 80^{μ}). Les ébauches sporales, situées aux deux bouts du Bacille, sont tout d'abord deux granules chromatiques (*c*, *fig.* 1), autour desquels, par la suite, se dépose une substance avide de colorants basiques. Tout en grossissant, l'ébauche s'éloigne de l'extrémité (*d*, *fig.* 1); quand elle

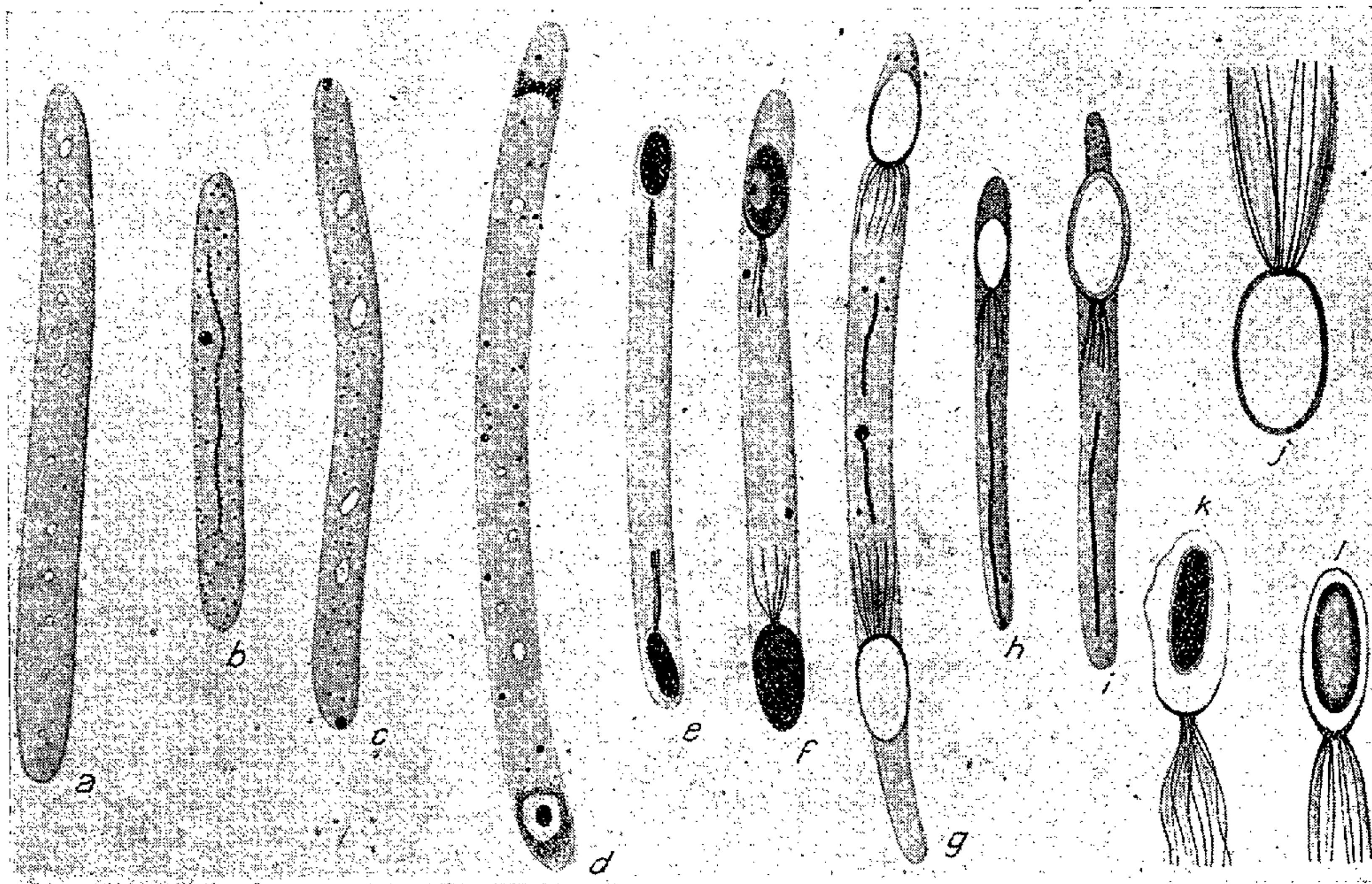


Fig. 1. — *Bacillus* (*Flexilis*).

occupe toute la largeur du bâtonnet, son enveloppe se différencie en partant de son pôle interne pour atteindre son pôle externe (*f*, *fig.* 1). Au pôle interne de la spore s'observe un grain ou coussinet chromatique d'où partent de délicats filaments divergents qui s'enfoncent dans le plasma du Bacille. Ces filaments, au nombre d'une dizaine, sont orientés d'une façon définie, tous dans un même plan et plus ou moins écartés en éventail. Les filaments des deux spores d'un même individu sont contenus dans un même plan (*e*, *f*, *fig.* 1) disposition imposée, sans doute, par l'architecture interne du plasma bactérien. Les individus sporulés contiennent, très souvent, un ruban chromatique très net (*g*, *h*, *i*, *fig.* 1). Il n'est point rare qu'une des ébauches sporales avorte (*h*, *i*, *fig.* 1).

Les Bacilles subissent une dégénérescence vacuolaire et libèrent leurs spores, faciles à retrouver dans les frottis grâce à l'éventail fibrillaire qui surmonte un de leurs pôles (*j*, *k*, *l*, *fig.* 1).

Il se peut qu'une délicate membrane unisse les filaments, car l'espace interfilamentaire se colore par l'éosine (*j*, *fig.* 1). L'observation de quelques spores

nous laisse supposer que le pôle opposé à l'éventail forme un opercule comparable à celui d'un œuf de Douve. Ce dispositif, qui à notre connaissance n'a pas été décrit jusqu'ici, existe en toute certitude dans les spores de l'*Oscillospira guilliermondi* (parasite intestinal du Cobaye).

Ces structures sporales indiquent donc que des organites relativement complexes peuvent être édifiés par des éléments du type cytodaire, sans noyau, ni plastes, ni mitochondries différenciés, à condition que ces éléments atteignent une taille suffisamment grande.

IMMUNOLOGIE. — *Immunisation du Cheval au moyen du virus de la vaccine privé de virulence par l'action du formol et de la chaleur* (anavirus). *Propriétés antiinfectieuses du sérum.* Note (1) de MM. **Gaston Ramon**, **Paul Boquet** et **Rémy Richou**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Dès que nous eûmes fait connaître ici même, en 1923 (2), le principe et la technique de préparation des *anatoxines*, de multiples essais furent entrepris de différents côtés pour appliquer ce principe et cette technique aux antigènes les plus variés et spécialement aux ultravirus (agents de maladies telles que la fièvre aphteuse, la clavelée, la peste bovine, la rage, le typhus exanthématique de l'homme, la vaccine etc.), dans le but de transformer ces derniers en virus-vaccins avirulents, en *anavirus*, comme on peut les dénommer par analogie avec les termes anatoxine, anavenin, anaculture et pour la commodité du langage. C'est ainsi, par exemple, que Bussel et Mayzner procédèrent à une série d'expériences afin d'établir « si le vaccin (antivariolique) obtenu par la méthode de Ramon conserve ses propriétés antigéniques. Ce vaccin était préparé comme l'anatoxine diphtérique... » (3).

Étant donnée la grande importance doctrinale et pratique de ces questions, principalement en ce qui concerne les ultravirus, nous en avons repris, ces derniers temps, l'étude en nous adressant, en premier lieu au virus de Jenner. Des nombreuses recherches déjà effectuées, nous extrairons et examinerons ici celles qui ont trait à l'immunisation du Cheval au moyen du virus de la vaccine traité par le formol et la chaleur et à la production à l'aide de cet anavirus, convenablement préparé, d'anticorps *virulicides* ou pour mieux dire, antivirulents.

Des expériences préliminaires nous avaient permis de fixer les conditions optima de l'action du formol et de la température sur le virus de la vaccine.

---

(1) Séance du 11 mai 1942.

(2) G. Ramon, *Comptes rendus*, 177, 1923, p, 1338.

(3) Bussel et Mayzner, *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 411.

Celui-ci est représenté dans nos essais par de la pulpe vaccinale de génisse, très active ([1]).

Technique. — La pulpe vaccinale est mise en suspension dans un mélange de solution phosphatée (pH 7,4) et de 20 % de bouillon de viande peptoné, à raison de 4^{cm^3} de pulpe pour 100^{cm^3} de mélange préalablement stérilisé. La suspension vaccinale ainsi préparée est additionnée de 0,075 % de formol, exposée durant 5 heures à 30°, puis gardée à la température de 15° pendant 8 à 10 jours et enfin conservée à la chambre froide (+ 3°). Avant son emploi, on s'assure par des épreuves chez le Lapin (scarifications légères de la peau rasée) que la suspension vaccinale ainsi traitée est bien *avirulente*, et transformée en anavirus, autrement dit qu'elle est incapable de produire une seule pustule alors que la suspension non soumise à l'action du formol et de la chaleur, provoque une éruption de très nombreuses pustules confluentes.

Un Cheval, n° 23, reçoit en une série d'injections sous-cutanées et intradermiques, le 14 février une dose d'anavirus correspondant à 3^{cm^3} de pulpe vaccinale en suspension dans 75^{cm^3} de mélange de solution de phosphate et de bouillon et additionnée avant l'injection de 2 ‰ de $CaCl^2$ (substance stimulante de l'immunité); le 3 mars, une seconde dose d'anavirus, correspondant à $5^{cm^3},4$ de pulpe vaccinale, additionné de tapioca (2 %) pour moitié du volume à injecter (185^{cm^3}) et d'alun (2 %) pour l'autre moitié; le 17 mars une dernière dose d'anavirus (6 % de pulpe) dans les mêmes conditions. A aucun moment, le Cheval n'a présenté de traces d'infection spécifique. On a seulement noté aux endroits d'injection, les réactions habituellement produites par les substances stimulantes de l'immunité.

A différentes reprises, des saignées d'épreuve ont été pratiquées chez l'animal afin de rechercher et d'évaluer les propriétés antivirulentes des sérums ainsi recueillis. Cette recherche et cette évaluation ont été effectuées selon la technique courante qui consiste d'abord à préparer des mélanges renfermant des dilutions variables 1/20, 1/40, 1/80, etc., de sérum et une quantité fixe de virus capable de donner en scarifications une éruption confluente sur une surface déterminée de la peau du Lapin, puis à éprouver les mélanges ainsi formés sur cet animal. Ces épreuves ont fourni les résultats suivants.

Dilution de sérum.	Sérum du									
	14/2.	17/2.	19/2.	23/2.	27/2.	2/3.	9/3.	11/3.	13/3.	25/3.
Pur........	*nb*	*nb*								
1/20........	*nb*	*nb*	7*	3*	0	–	–	–	–	–
1/80........	–	–	25	11	0	–	–	–	–	–
1/320........	–	–	–	–	10	12	2	1	3	–
1/640........	–	–	–	–	16	17	15	12	14	16

(*) Les chiffres indiquent le nombre des pustules; *nb* signifie très nombreuses pustules donnant une éruption confluente.

Dans d'autres expériences effectuées chez le Lapin, nous avons pu reconnaître que le sérum de ce Cheval possède des propriétés préventives très nettes à l'égard de l'inoculation d'une certaine dose de virus de la vaccine.

Parmi les faits les plus saillants que notre expérimentation a permis de

([1]) Mise obligeamment à notre disposition par M. Bénard.

mettre en évidence, il faut signaler : 1° la possibilité de provoquer, chez le Cheval, l'élaboration d'anticorps antivirulents au moyen du virus de la vaccine transformée en anavirus avirulent, puis additionné avant son injection de substance stimulante de l'immunité; 2° l'apparition très précoce des propriétés antiinfectieuses : le sérum recueilli dès le 5e jour après la première injection d'anavirus « neutralise » déjà une quantité notable de virus; 3° le prompt développement de ces propriétés; en effet, un mois après le début de l'immunisation, le sérum de l'animal sous le volume très faible de 1/320e de centimètre cube neutralise la dose de virus d'épreuve, ce pouvoir antivirulent est au moins égal sinon supérieur à celui de sérums obtenus en utilisant le virus de la vaccine non modifié et pleinement virulent.

Ainsi, de même que l'anatoxine, atoxique et antigénique, issue de la transformation par le formol d'un poison bactérien, détermine dans l'organisme du sujet auquel on l'injecte la formation d'anticorps antitoxiques doués du pouvoir de neutraliser, dans le verre à expérience, la toxine spécifique et de prévenir l'intoxication chez l'animal, de même l'anavirus, avirulent et immunisant, obtenu lui aussi grâce à l'action du formol sur le virus de Jenner provoque, chez le Cheval, l'apparition et le développement rapide et abondant d'anticorps antivirulents capables d'annihiler *in vitro* et *in vivo*, les propriétés virulentes du virus de la vaccine.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de M. É. Borel, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *H. Lebesgue* :

En première ligne	M. Arnaud Denjoy.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*..........	MM. Maurice Fréchet.
	René Garnier.
	Georges Valiron.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17h5m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 8 avril 1942.)

Note de M. *Louis Lapicque*, Sur la relation de la grandeur du cerveau à la grandeur du corps :

Page 697, 4e ligne, *au lieu de* Dubois (1937), *lire* Dubois (1897).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1942.

Les forêts coloniales de la France, par Louis Lavauden. Extrait de la *Revue de botanique appliquée*, tome XXI. Paris, Muséum national d'Histoire Naturelle. Laboratoire d'Agronomie coloniale, 1942; 1 vol. 25cm (présenté par M. A. Chevalier).

Ce qu'il faut savoir des Insectes, par Gaston Portevin. Volume III. *Orthoptères, Hyménoptères, Diptères et Insectes inférieurs*. Paris, Paul Lechevalier, 1942; 1 vol. 18cm,5.

Le métier de géologue. Domaines et applications, avec des indications bibliographiques, par Charles Jacob. Paris, Masson et Cie, 1942; 1 vol. 24cm.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie d'Agriculture de France, rédigés par le Secrétaire perpétuel. Tome XXVIII. Séance du 4 mars 1942, Communication de M. Jacob. Paris, Académie d'Agriculture de France, 1942; 1 fasc. 23cm (présenté par M. Ch. Jacob).

Académie des sciences coloniales. *Comptes rendus des séances des 7 et 21 novembre* 1941. Paris, Académie des sciences coloniales, 1941; 1 fasc. 25cm,5, discours de M. Jacob (présenté par M. Ch. Jacob).

Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences forestières. Tome VII. Fascicule 2, 1940. Nancy, Paris, Strasbourg, Berger-Levrault, 1940; 1 vol. 25cm,5.

Annales de l'École nationale forestière et de la Station de recherches et expériences. Tome VIII. Fascicule 1, 1941. Nancy, Paris, Strasbourg, Berger-Levrault, 1941; 1 vol. 25cm, 5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 JUIN 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Remarques sur les vitesses critiques et la stabilité séculaire des systèmes à variable cachée.* Note de M. **ÉMILE JOUGUET.**

1. La présente Note complète une Note antérieure [1]. Nous y considérons, avec les mêmes notations, les mêmes systèmes matériels définis par n variables q et par un angle r qui peut être dit *caché*. Mais nous introduirons les hypothèses classiques des petits mouvements. Nous étudierons donc les petites oscillations $q=a+\varepsilon$, $r'=\omega+\zeta$, $x=\xi$, autour d'un régime (R) a, ω, ξ, en supposant que la différentielle seconde de la fonction $J+V$ des ε est une forme quadrique décomposable en n carrés indépendants.

2. Les équations correspondant aux q sont les mêmes [2] que celles d'un système soumis à un potentiel et à des forces gyroscopiques. Il en résulte que les équations linéaires des ε peuvent, par un changement de variables linéaires portant sur les ε et non sur r, être mises sous la forme

$$(1) \qquad \varepsilon_i'' + \Sigma b_{ij}\varepsilon_j' + h_i\varepsilon_i = 0, \qquad \text{avec } b_{ii}=0, \qquad b_{ij}=-b_{ji}.$$

Les h et les b dépendent du régime (R), caractérisé lui-même par la vitesse angulaire ω. L'équation caractéristique de (1) est paire et son dernier terme est $h_1, \ldots, h_n$. S'il y a stabilité, ses racines sont de la forme $\pm i\mathrm{F}(\omega)$ et $\mathrm{F}(\omega)$ est une pulsation des petits mouvements. Il y aura résonance avec une force perturbatrice ayant la période de la rotation ou avec quelqu'un de ses harmoniques si

$$(2) \qquad \mathrm{F}(\omega) = p\omega \qquad (p \text{ entier}),$$

(2) donnera des vitesses critiques de résonance de divers rangs. Les vitesses critiques d'indétermination sont aussi données par (r), mais avec $p=0$: ce sont des vitesses de résonance de rang 0.

Il y a stabilité séculaire quand tous les h sont positifs. Les valeurs de ω pour lesquelles la stabilité séculaire disparaît rendent un des h infini ou nul et sont ainsi des vitesses critiques d'impossibilité ou d'indétermination.

---

[1] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 649.
[2] *Bull. Soc. math. de France*, 58, 1930, p. 39.

3. Faisons maintenant le changement de variables suivant portant à la fois sur les ε et sur r

(3) $$\chi_i = \Sigma \varepsilon_j f_{ij}(r), \qquad \rho = r + \Sigma \varepsilon_i g_i(r),$$

les f, g étant périodiques de période 2π et développables en séries de Fourier. Si (R) est stable, les ε sont des sommes de sinus et de cosinus affectés de coefficients petits et, au second ordre près, $r = \omega t$. Les χ sont des sommes limitées ou illimitées de termes en $\sin [F(\omega) \pm m\omega]t$ et $\cos [F(\omega) \pm m\omega]t$. La variable ρ n'est pas forcément une variable cachée : si elle l'est, les χ sont des sommes limitées.

Ce nouveau mode de repérage conduit à envisager les vitesses critiques données par $F(\omega) \pm m\omega = p\omega$, équation coïncidant avec (2). Si donc on ne se borne pas aux résonances de premier rang, le changement de variables (3) ne change pas les vitesses critiques, mais il change le rang des résonances comme parfois le mode de stabilité. De ce point de vue, il est possible d'envisager les vitesses critiques d'indétermination (résonance d'ordre 0) comme des vitesses critiques de véritable résonance pour une variable convenable.

4. En faisant varier p dans (2), on trouve tout un cortège de vitesses critiques, correspondant toutes à la même élasticité du système. Il ne faut pas les confondre avec les vitesses critiques des divers ordres, correspondant, par exemple, pour un arbre susceptible de fléchir, à des déformations, donc à des élasticités différentes. Le problème de l'article 6 est une étude schématique des arbres flexibles: On y obtiendrait les vitesses critiques des divers ordres en changeant la force de rappel du disque. A chacune correspond un cortège de vitesses critiques secondaires qui sont celles que nous envisageons ici.

Pour trouver, dans tout ce cortège, les vitesses critiques intéressantes, il faut rechercher la pulsation des forces perturbatrices susceptibles de se présenter. Il peut arriver d'ailleurs qu'une force perturbatrice d'une certaine pulsation n'éveille pas la résonance correspondante, si elle a une certaine forme.

5. *Gyroscope*. — Soit le gyroscope dormant avec centre de gravité au-dessous du point de suspension, étudié comme dans notre Note antérieure. Avec le second mode de repérage de cette Note, la stabilité est séculaire ou ordinaire suivant que ω est inférieur ou supérieur à $\sqrt{Mgl/(E-1)}$. Le cortège des vitesses critiques est le suivant : il comprend naturellement la vitesse critique signalée par Gibrat [3]

Résonance de rang...	0.	1.	2.	3.
ω....	$\sqrt{\dfrac{Mgl}{E-1}}$	$\sqrt{\dfrac{Mgl}{2(2E-1)}}$	$\sqrt{\dfrac{Mgl}{E+1}}$ et $\sqrt{\dfrac{Mgl}{3(3E-1)}}$	$\sqrt{\dfrac{Mgl}{2(2E+1)}}$ et $\sqrt{\dfrac{Mgl}{4(4E-1)}}$

(3) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 246.

Appliquons une force perturbatrice dont le moment par rapport à o soit Γ, situé dans le plan $y_2 z_2$, lequel, en régime, coïncide avec $X_2 Y_2$. On démontre facilement les résultats suivants. Γ étant fixe en direction absolue, s'il est constant, aucune résonance n'est excitée; s'il vaut $\gamma \cos \omega t$, il excite la résonance de rang 1.

Avec le premier mode de repérage de notre Note antérieure, la stabilité est toujours séculaire. Le cortège des vitesses critiques comprend les mêmes valeurs que ci-dessus, mais classées autrement :

sonance e rang...	0.	1.	2.	3.
ω....	Néant	$\sqrt{\dfrac{Mgl}{E-1}}$ et $\sqrt{\dfrac{Mgl}{E+1}}$	$\sqrt{\dfrac{Mgl}{2(2E-1)}}$ et $\sqrt{\dfrac{Mgl}{2(2E+1)}}$	$\sqrt{\dfrac{Mgl}{3(3E-1)}}$ et $\sqrt{\dfrac{Mgl}{3(3E+1)}}$

On retrouve facilement, pour l'effet des couples perturbateurs, les résultats ci-dessus.

6. *Rotor de turbine*. — Soit le problème du rotor de turbine, étudié comme dans notre Note précitée. Il comporte une vitesse critique d'impossibilité $\omega = \Omega$, qui est une vitesse limite de stabilité séculaire. Pour le cortège des vitesses critiques secondaires, nous le calculerons en conservant dans les formules les premières puissances de e supposé petit, approximation inutile au point de vue du calcul pratique, mais intéressante pour montrer que certaines vitesses critiques, pratiquement confondues, sont en réalité distinctes.

sonance rang...	0.	1.	2.	3.
ω...	$\Omega\left[1+\frac{1}{2}\left(\frac{4Me^2}{I}\right)^{\frac{1}{3}}\right]$	$\frac{\Omega}{2}\left(1+\frac{Me^2}{I}\right)$	$\frac{\Omega}{3}\left(1+\frac{9}{16}\frac{Me^2}{I}\right)$ et $\Omega\left(1-\frac{1}{16}\frac{Me^2}{I}\right)$	$\frac{\Omega}{2}\left(1+\frac{1}{9}\frac{Me^2}{I}\right)$ et $\frac{\Omega}{4}\left(1+\frac{4}{9}\frac{Me^2}{I}\right)$

On sait que le poids propre du rotor donne lieu à des perturbations pour ω voisin de $\Omega/2$. C'est en effet ce qu'on trouve quand on introduit dans les équations les termes contenant le poids : ces termes excitent la résonance de rang 1. Toutefois, il n'y a pas d'excitation si e est rigoureusement nul.

7. *Automobiles*. — Dans le problème des oscillations de l'essieu d'avant des automobiles, étudié par S. de Lavaud [4], on trouve, à côté des vitesses critiques principales signalées par cet auteur, des vitesses critiques secondaires plus faibles.

---

[4] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1636.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la comestibilité des bulbes de* Muscari comosum *(L.) Miller provenant du Maroc.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

On a mis récemment en vente sur le marché de Paris de petits bulbes provenant de l'Afrique du Nord, désignés sous le nom d'*oignons du Maroc*, qui n'avaient aucun rapport avec les bulbes de nos oignons potagers (*Allium cepa, A. ascalonicum*). Le Service des Fraudes en aurait proscrit la vente aux Halles, du moins sous ce nom. La quantité importée était considérable : on nous a parlé de plusieurs centaines de tonnes. Des spécimens de ces bulbes nous furent soumis pour en faire l'identification et pour rechercher s'ils pouvaient trouver un emploi, dans l'état actuel de notre ravitaillement, déficient en toutes sortes de matières premières.

En les comparant avec les bulbes de diverses Liliacées cultivées dans l'École botanique du Muséum d'Histoire naturelle, il nous fut facile d'établir leur identité avec une Liliacée-Scillée, *Muscari comosum* (L.) Miller, plante qui se rencontre parfois dans les champs et les jachères des environs de Paris, mais est particulièrement répandue dans la région méditerranéenne. Elle pullule dans les moissons de l'Algérie et du Maroc, et il paraît que des bulbes de cette plante étaient exportés de ce dernier pays vers les États-Unis, en assez grande quantité, avant la guerre actuelle.

Nous avons recherché dans la littérature si ces oignons avaient eu dans le passé quelque emploi. Depuis l'antiquité ils sont utilisés en Grèce, dans le Sud de l'Italie et dans l'Afrique du Nord pour l'usage alimentaire. C'est le *Bolbos* des Grecs anciens et modernes. Dioscoride en parle comme d'une nourriture saine et estimée. Ce sont probablement ces oignons que Pline range dans les Scilles. « Il en est même « écrit-il » que l'on mange crus, par exemple les bulbes de la Chersonèse Taurique, remarquables par la douceur. Après ceux-là on estime le plus ceux d'Afrique, puis ceux d'Apulie. » (*Hist. nat.*, lib. XIX, § 30). De nos jours les Arabo-Berbères d'Algérie nomment la plante *Beçol ed Dib* et en font aussi usage.

Cependant, dans un ouvrage paru il y a quelques années, M. D. Bois, après avoir conseillé de faire macérer les bulbes longtemps dans le vinaigre pour atténuer le goût amer, ajoute : « la dégustation que nous avons faite de ces bulbes ne nous a pas donné le désir de recommencer : malgré une cuisson prolongée, l'amertume est restée très grande et on a dû les rejeter. » Il est possible du reste que les bulbes de la même espèce, développés aux environs de Paris ou en d'autres lieux, n'aient pas les mêmes propriétés que ceux de l'Afrique du Nord. En France, il ne semble pas qu'on ait utilisé cette plante, même en temps de famine, alors qu'au contraire on mange parfois les bulbes de la Scille des bois (*Endymion nutans*) et ceux des Ornithogales, autre Liliacée indigène.

En ce qui nous concerne, après des tâtonnements, nous avons pu préparer les bulbes de *Muscari comosum* provenant du Maroc, les consommer en assez grande quantité plusieurs jours de suite et constater que, sans être un mets délectable, ils constituent cependant un aliment satisfaisant, nullement à dédaigner en cette période.

Ces bulbes du commerce sont ovoïdes, du poids de 15 à 50^{g} (poids moyen 30^{g}). Coupés à l'état frais, ils laissent exsuder, surtout à la base des tuniques, près de leur insertion sur le plateau, un abondant mucilage clair, très épais, gluant et non amer. Ce mucilage pourrait sans doute être employé, comme le mucilage d'algues, pour la fabrication de fausses huiles convenant à l'assaisonnement des salades. Une coupe transversale examinée au microscope montre que toutes les cellules parenchymateuses des tuniques sont bourrées de gros grains d'amidon subsphériques; d'autres cellules en petit nombre contiennent des paquets de raphides en aiguilles fines d'oxalate de calcium. Les cellules du plateau sont aussi remplies d'amidon, mais en grains beaucoup plus petits; elles contiennent en outre une substance amère non identifiée qui n'existe pas dans les écailles ou s'y trouve en très petite quantité.

M. Charles Sannié et M. Frèrejacque, à qui nous avons confié des bulbes de ce *Muscari*, ont pu y déceler la présence de traces de saponine; toutefois celle-ci existe en trop faible quantité pour que les bulbes soient toxiques.

Ces bulbes ont une valeur alimentaire réelle et peuvent, estimons-nous, être consommés sans danger. Pour leur enlever leur amertume, il suffit de les évider à la base avec la pointe d'un couteau pour faire disparaître les tissus du plateau (ou culot); on enlève ensuite la pelure externe et on ne laisse que la partie charnue de l'oignon. Celui-ci est coupé ensuite en quartiers et l'on fait cuire dans une petite quantité d'eau salée pendant environ une demi-heure. L'eau de cuisson est ensuite rejetée et nos oignons en fragments, étant égouttés, sont de nouveau mis sur le feu pendant quelques minutes avec un peu de beurre et de farine. On peut les consommer ainsi chauds ou réduits en purée. Cette préparation a une saveur *sui generis* non désagréable et à peine amère. On peut aussi laisser refroidir la préparation et l'assaisonner à la vinaigrette. Ainsi préparé, la saveur du bulbe de *Muscari* rappelle assez celle des pointes d'asperges, mais, grâce à l'abondance de l'amidon, ce plat est plus nutritif.

En résumé, les bulbes de *Muscari comosum* du Maroc constituent un aliment très acceptable que l'on ne doit pas dédaigner dans la période actuelle; leur mucilage peut aussi être utilisé pour servir d'assaisonnement aux salades.

CYTOLOGIE. — *Le* pronucléole *et le nucléole dans leurs rapports avec un* Chromosome Nlg *dans la spermatogénèse des Lombricidés*. Note ([1]) de M. **Édouard Chatton** et M[lle] **Odette Tuzet**.

Chez les Lombriciens, comme en général, le nucléole disparaît des noyaux de la lignée séminale avant la maturation. Nous avons signalé ([2]) que, chez une minorité d'individus de *Lumbricus herculeus* et d'*Allolobophora chlorotica*, il existe jusque dans les spermatides. Parmi ces individus il en est où le nucléole est résorbé précocement au cours de la spermiogénèse dans toutes ces cellules et d'autres, plus rares, où il se conserve dans 50 % d'entre elles pour en être, à son terme, rejeté en bloc. Quel est le mécanisme dont dépendent, dans ce dernier cas, sa résorption d'une part, et sa persistance d'autre part dans un nombre égal d'éléments séminaux? Étant donné que le nucléole est présent dans toutes les jeunes spermatides, il ne peut s'agir ici d'un mécanisme analogue à celui qui détermine la parité numérique des spermies pourvues d'un chromosome sexuel et de celles qui en sont dépourvues. Au reste le nucléole ne se comporte pas comme un chromosome puisqu'il ne se divise pas à la mitose : il est rejeté à chaque métaphase et est régénéré par chaque noyau fils à l'extrême télophase.

Suivant une série d'observations récentes, dont les plus significatives sont celles de Heitz (1931, 1933) et de Mac Clintock (1934), le nucléole serait élaboré par un chromosome. Mais il est des auteurs (M. S. Gardiner, 1935) pour s'opposer à cette conception et pour considérer ce corps comme une simple masse de réserve protidique autonome. Les deux thèses ne paraissent cependant pas contradictoires.

En poursuivant l'étude du nucléole des Lombriciens sans connaître encore les travaux ci-dessus, nous avons observé l'existence dans le noyau des huit espèces à notre disposition, d'une formation qui a, d'une part, des rapports avec un des chromosomes et, d'autre part, avec le nucléole : nous l'appelons la *coiffe chromosomienne* ou le *pronucléole*, et désignons le chromosome qui la porte par le symbole *Nlg*. C'est une cupule de 1μ de diamètre, sertie sur l'extrémité d'un chromosome, et affectant avec lui les mêmes rapports que montre une coiffe végétale avec sa radicelle. Elle a exactement la colorabilité du nucléole et les variations de cette colorabilité. C'est dans les auxocytes, au stade pachytène, qu'elle s'observe le mieux, mais on la voit aussi aux autres stades de la prophase, y compris celui des tétrades où elle est attachée à l'une d'elles. On perd sa trace à la métaphase. On la distingue aussi dans les gonies au repos et en prophase, mais non en métaphase. On ne la voit plus sous sa forme caractéristique dans les spermatides.

([1]) Séance du 8 juin 1942.
([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 894.

Sauf chez de rares individus, où un nombre variable de noyaux la montrent double, elle est unique. Ceci est paradoxal puisque les noyaux sont disploïdes et qu'ils contiennent le partenaire du chromosome *Nlg*. Dans les gonies de toutes les espèces, elle coexiste avec le nucléole (et avec les pseudonucléoles quand il y en a). Dans les auxocytes normaux, anucléolés, elle existe seule. C'est là qu'on peut se rendre compte d'un fait important : dans la grande majorité des cytes d'un même agrégat, la coiffe présente avec le chromosome *Nlg* les rapports ci-dessus décrits. Mais il y a souvent d'autres cytes où elle se détache de son chromosome et prend la place périphérique et la forme sphérique du nucléole tout en conservant ses autres caractéristiques. Elle emporte, en l'englobant, un peu de la substance chromosomienne, reconnaissable à sa cyanophilie quand la coiffe est érytrophile. Dans ces noyaux il n'y a plus de trace de coiffe chromosomienne en place. Elle est donc capable de se transformer en nucléole en se détachant. On assiste à ce processus lors de la régénération télophasique des nucléoles.

Nous avons dit plus haut qu'on ne voit plus la coiffe dans les spermatides. Mais, chez les espèces où elle est normalement le plus développée, dans les gonies et dans les auxocytes (*Allolobophora chlorotica*, *Octolasium complanatum*), il y a, dans les spermatides jeunes, un petit nucléole central. Nous pensons qu'il représente la coiffe détachée de son chromosome.

Quand, dans certains individus de *L. herculeus* et d'*A. chlorotica*, les auxocytes sont pourvus d'un gros nucléole, la coiffe coexiste avec celui-ci. Chez ces Lombrics, la substance nucléolaire est élaborés en excédent. Elle se détache du chromosome sous forme d'un nucléole autonome, tandis que le chromosome *Nlg* produit une nouvelle coiffe. Le nucléole conserve ici son caractère d'organe de réserve de *linine* ou de *pyrénine*. Cette mise en réserve présente dans les spermatides les degrés divers d'importance et de durée que nous avons signalés dans notre Note du 8 juin 1942. La notion de cette fonction du nucléole se concilie, on le voit, avec celle de la génèse chromosomienne.

Cette génèse s'effectue chez les Lombriciens à partir d'un segment terminal et non, comme chez la Drosophile ou le Maïs, à partir d'un segment intercalaire du chromosome, et ce segment n'est pas séparé du reste par une constriction. Ceci nous interdit de dénommer ce chromosome, comme l'a fait Heitz (1931), *Sat-chromosome* (chromosome à segment dépourvu d'acide thymonucléique), et nous amène à l'appeler simplement *chromosome nucléoligène* (chromosome *Nlg*). La disparition de la coiffe ne laisse pas ici de corpuscule permanent comparable à l'*organisateur du nucléole* de Mac Clintock. Elle est elle-même le futur nucléole. C'est pourquoi nous l'appelons *pronucléole*. Ce pronucléole diffère encore de l'*organisateur nucléolaire* par le fait qu'il est généralement unique dans le noyau. Il faut en conclure que le partenaire du chromosome *Nlg* n'élabore pas de pronucléole.

Cette particularité conduit à un essai d'explication de la production de

spermatides nucléolées et de spermatides anucléolées en parité numérique. Le métabolisme ne peut en être responsable; il affecterait toutes les spermatides au même degré si celles-ci n'étaient pas génétiquement différentes. En quoi peut consister cette différence? Si l'on admet que, dans nos Lombrics, comme dans les hybrides de *Zea mays* étudiés par Mac Clintock (1934), les deux chromosomes partenaires *Nlg* sont inégalement capables d'élaborer la substance nucléolaire et que, chez le moins capable, cette capacité est inhibée quand il est en présence du plus capable (notion proche de celle de dominance), on a l'explication de ces trois particularités caractéristiques de l'évolution du nucléole dans le cas qui nous occupe : 1° dans les cellules diploïdes (gonies, cytes), il n'y a généralement qu'un des chromosomes du couple *Nlg* qui élabore le pronucléole; 2° dès que les deux partenaires sont dans des noyaux différents, ils élaborent des nucléoles quantitativement égaux dont l'importance dépend du métabolisme. C'est ce qui se passe dans les spermatides; 3° mais sous leur apparente équivalence ces nucléoles doivent être qualitativement différents. Les uns, procédant d'un des chromosomes *Nlg*, résistent, tandis que ceux issus de l'autre ne résistent pas à la lyse nucléolaire qui, chez tous les individus à spermatides nucléolées, intervient au début de l'allongement de ces éléments. On peut dire qu'il y a chez les Lombriciens des homozygotes et des hétérozygotes pour la stabilité nucléolaire. Jusqu'ici les hétérozygotes n'ont été observés (10 *L. herculeus* sur 65 à Banyuls) que pour une stabilité dépassant la moyenne.

ÉLECTROSTATIQUE. — *L'arrangement que prennent des particules flottant sur du mercure sous l'influence d'un champ électrique.* Note de M. **Henri Devaux.**

Quand on répand des particules à la surface d'un liquide comme le mercure, sans garnir entièrement cette surface, on constate que ces grains flottants s'unissent en paquets irréguliers qui constituent de véritables dendrites, ou bien arrivent à se coller aux bords de la cuve, et ceci par de simples actions capillaires. J'ai pensé qu'il serait intéressant d'exposer de telles couches discontinues à l'action d'un champ électrique capable de les attirer dans leur ensemble, mais aussi de provoquer en même temps leur répulsion réciproque par suite de l'acquisition d'une charge électrique par influence.

J'ai choisi tout d'abord des graines comme particules ayant à peu près des dimensions égales dans une espèce déterminée. Un lot d'une centaine de graines de moutarde est déposé sur une surface de mercure récemment nettoyée. On voit aussitôt ces graines, d'abord dispersées, se réunir en petits paquets des plus irréguliers. Pour électriser la nappe ainsi produite, j'ai employé une simple feuille de papier chauffée par un radiateur électrique et frottée sur du drap. La feuille ainsi électrisée est alors amenée au-dessus du

mercure à 10^{cm} environ de hauteur. On voit aussitôt les paquets de graines se disloquer tout en se concentrant au-dessous de la feuille de papier. Les graines les plus éloignées accourent de plus en plus vite pour se joindre à l'ensemble, et le tout constitue bientôt une nappe à peu près circulaire, bien limitée, dans laquelle les grains sont tous à distances à peu près égales les uns des autres, mais rangés en lignes régulières inclinées à peu près 60° les unes sur les autres : chaque grain est le centre d'un hexagone de six autres grains.

Quand le nombre des graines est inférieur à 100, elles forment des figures en général régulières comprenant un petit nombre de cycles. Les configurations ainsi obtenues sont intéressantes à comparer avec celles que l'on attribue aux atomes, malgré les grandes différences des types ainsi comparés. Elles peuvent aussi éclairer la constitution pseudo-cristalline des liquides, spécialement des solutions électrolytiques. Mais c'est surtout du côté des cellules vivantes, de l'arrangement des chromosomes au moment de la formation de la plaque nucléaire, que l'on rencontre les ressemblances les plus frappantes avec les nappes de graines arrangées par un champ électrique. Une prochaine publication donnera des détails et des précisions sur les faits annoncés dans cette courte Note.

NOMINATIONS.

M. **Bernard Lyot** est désigné pour faire une *Lecture* dans la séance annuelle des cinq Académies, le 26 octobre 1942.

ÉLECTIONS.

M. **R. Bourgeois**, pour la Division des Sciences mathématiques; M. **L. Bouvier**, pour la Division des Sciences physiques; M. **M. de Broglie**, pour la Section des Académiciens libres, sont réélus membres du Conseil de la *Fondation Loutreuil* pour 1942, 1943, 1944.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Mécanique en remplacement de M. *L. Lecornu* décédé.

Le nombre de votants étant 39, le scrutin donne les résultats suivants :

M. Joseph Pérès	obtient	32 suffrages
M. Maurice Roy	»	3 »
M. Ernest Vessiot	»	2 »
M. Henri Béghin	»	1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Joseph Pérès**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Géométrie en remplacement de M. *H. Lebesgue* décédé.

Le nombre de votants étant 41, le scrutin donne les résultats suivants :

M. Arnaud Denjoy	obtient	21 suffrages
M. René Garnier	»	16 »
M. Maurice Fréchet	»	2 »

Il y a 1 bulletin blanc et 1 bulletin nul.

M. **Arnaud Denjoy**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

P. et N. Bonnet, *Atlas de géologie transcaucasienne*.

TOPOLOGIE. — *Transformations et homéomorphies dans les espaces topologiques.* Note [1] de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

1. Envisageons une équation du type déjà étudié [2]

$$x = \xi[\tau(x), y]. \tag{1}$$

Supposons que l'inverse $\varphi(x)$ de sa résolvante absolue soit une transformation *univoque et continue*. Supposons en outre que l'espace Y possède un système de voisinages convexes. Soit D un ensemble ouvert de points de X. On peut attacher à chacune des composantes de l'ensemble ouvert $X - \varphi(\dot{D})$ un entier $d \gtrless 0$ tel que, pour tout cycle continu y_p appartenant à cette composante,

$$\varphi[\Phi(D, y_p)] = dy_p; \tag{2}$$

d sera nommé *degré* de $\varphi(D)$ sur cette composante.

On déduit aisément des propriétés de la résolvante algébrique celles de ce degré, qui sont analogues à celles du degré topologique de M. Brouwer. Mais, alors que la définition de M. Brouwer repose sur des hypothèses d'orientabilité et qu'une modification de l'orientation change le signe du degré de M. Brouwer, c'est sur l'hypothèse que $\varphi(x)$ est l'inverse de la résolvante d'une équation (1) que repose notre définition, et la valeur du degré d'une transformation φ donnée dépend du choix de cette équation (1).

Cas particulier. — Adjoignons aux hypothèses précédentes les suivantes :

---

(1) Séance du 4 mai 1942.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 839.

X et Y sont deux espaces de Hausdorff bicompacts, connexes, possédant un système de voisinages convexes; le groupe d'homologie supérieur de X contient un élément X^N multiple de tous les éléments de base de ce groupe; il existe dans Y aussi un tel cycle, de même dimension, Y^N. Soient x_N et y_N les cycles continus de X et Y qui sont tels que $X^N.x_N = x_0$, $Y_N.y_N = y_0$; δ et δ' étant les entiers que définissent les relations

$$\xi(t_0, y_N) = \delta x_N, \qquad \varphi(x_N) = \delta' y_N,$$

le degré de $\varphi(X)$ sur Y est $\delta\delta'$ et, s'il diffère de zéro,

$$\Phi\left(X, \frac{Y^p}{Y^N}\right) = \frac{\delta\,\varphi^{-1}(Y^p)}{X^N}.$$

2. *Éliminer* x' entre les deux équations du type étudié

$$(1') \qquad x = \xi'[\tau'(x), x']$$

et

$$(1'') \qquad x' = \xi''[\tau''(x'), x''], \qquad (x \in X, x' \in X', x'' \in X'');$$

lorsque l'inverse de la résolvante de la première est la transformation *univoque et continue* $\varphi'(x)$, c'est construire l'équation du même type

$$(3) \qquad x = \xi'\{\tau'(x), \xi''[\tau''(\varphi'(x)), x'']\};$$

Φ' et Φ'' étant les résolvantes algébriques de (1′) et (1″), celle de (3) est

$$(4) \qquad \Phi(D, x''_p) = \Phi'\{D, \Phi''[X' - \varphi'(\dot{D}), x''_p]\}.$$

Il peut s'agir de résolvantes prolongées, T′ et T″ étant des espaces simples, $\varphi'(x)$ n'étant supposée univoque et continue que sur $\dot{D}$.

3. Soient deux espaces topologiques, X et X′, et une famille T de transformations topologiques t de X sur X′ ($x' = tx$, $x = t^{-1}x'$). Nous supposerons que T *est un espace de Hausdorff bicompact, connexe, possédant un système de voisinages convexes*. Soit, entre deux ensembles F et F′ de points de X et X′, une correspondance *biunivoque* $x'(x)$ définie par une relation du type $x' = t(x)x$, où $t(x)$ est une transformation continue de F dans T; *si* F *est fermé*, F′ *est nécessairement fermé et la correspondance* $x'(x)$ *est nécessairement bicontinue;* nous dirons alors qu'elle constitue une *homéomorphie stricte* entre les deux ensembles F et F′ de points de X et X′.

Supposons que chacun des espaces X et X′ possède un système de voisinages strictement connexes; alors *toute homéomorphie stricte entre deux ensembles fermés* F *et* F′ *de points de* X *et* X′ *fait se correspondre les points intérieurs à ces ensembles; en ces points cette homéomorphie a le degré* +1 *ou* −1. (Généralisation du théorème d'invariance du domaine de M. Brouwer.)

Si deux ensembles fermés F *et* F′ *de points de deux espaces topologiques* X *et* X′ *sont trictement homéomorphes et si* T *est simple, alors les groupes d'homologie continue de* X — F *et* X′ — F′ *sont isomorphes.*

Ces deux propositions résultent immédiatement de l'application de la formule (4) aux résolvantes prolongées des deux équations

$$x = t(x)^{-1}x', \quad x' = t'(x')x, \quad \text{où} \quad t'(x') = t(x(x')),$$

compte tenu du fait suivant : le résultat de l'élimination de x ou de x' entre ces deux équations est l'identité.

Ces deux propositions ont jadis été établies, dans le cas où les t sont des translations, X et Y étant des espaces linéaires de Banach : la première par M. Schauder [3] la seconde par moi-même [4]. J'avais prévu dès ce moment l'existence d'énoncés de la nature de ceux qui précèdent; c'est la recherche de ces énoncés qui m'a conduit aux notions qu'exposent cette Note et mes trois Notes précédentes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension de la formule de Riemann aux intégrales non linéaires.* Note [1] de M. **Jean Challier**, présentée par M. Paul Montel.

Dans la formule classique de Riemann

$$(1) \qquad \int_C X\,dx + Y\,dy = \iint_D \left(\frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y}\right) dx\,dy,$$

l'intégrale curviligne est linéaire, c'est-à-dire que son élément est une forme linéaire des différentielles dx, dy.

Soit l'intégrale non linéaire

$$I = \int_C f(x, y, dx, dy),$$

C étant un contour fermé défini par des fonctions dérivables x, y d'un paramètre et f une fonction, homogène et du premier degré par rapport aux différentielles dx, dy, donc telle que

$$(2) \qquad f = \frac{\partial f}{\partial\, dx} dx + \frac{\partial f}{\partial\, dy} dy,$$

en outre, continue et dérivable jusqu'au second ordre par rapport à l'ensemble des variables dans toute la région du plan occupée par C et D.

Faisons varier d'une manière continue un arc de courbe Γ continue et dérivable, dont les extrémités A et B décrivent deux arcs C_A et C_B de C.

La variation de l'intégrale

$$J = \int_\Gamma f$$

---

[3] *Studia math.*, 1, 1929, p. 123; *Math. Annalen*, 106, 1932, p. 661.

[4] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1082; Séminaire de M. Julia, 1935-1936.

[1] Séance du 4 mai 1942.

est la somme des variations élémentaires

$$(3)\quad \delta J=\int_\Gamma \frac{\partial f}{\partial x}\delta x+\frac{\partial f}{\partial y}\delta y+\frac{\partial f}{\partial\, dx}\delta\, dx+\frac{\partial f}{\partial\, dy}\delta\, dy$$
$$=\left(\frac{\partial f}{\partial\, dx}\delta x+\frac{\partial f}{\partial\, dy}\delta y\right)_A^B+\int_\Gamma\left[\frac{\partial f}{\partial x}-d\left(\frac{\partial f}{\partial\, dx}\right)\right]\delta x+\left[\frac{\partial f}{\partial y}-d\left(\frac{\partial f}{\partial\, dy}\right)\right]\delta y.$$

L'arc Γ variant d'une manière finie d'un état Γ_1 (A_1B_1) à un état Γ_2 (A_2B_2), l'expression toute intégrée de (3) s'intègre le long de $C_A(A_1A_2)$ et $C_B(B_1B_2)$, les caractéristiques δ et d désignant des différentiations respectivement selon les courbes C et Γ qui passent au point courant. Le résultat s'écrit symboliquement

$$\left[\int_\Gamma f\right]_{\Gamma_2}^{\Gamma_1}=\left[\int_C\frac{\partial f}{\partial\, dx}\delta x+\frac{\partial f}{\partial\, dy}\delta y\right]_A^B$$
$$+\int_{\Gamma_1}^{\Gamma_2}\int_\Gamma\left[\frac{\partial f}{\partial x}-d\left(\frac{\partial f}{\partial\, dx}\right)\right]\delta x+\left[\frac{\partial f}{\partial y}-d\left(\frac{\partial f}{\partial\, dy}\right)\right]\delta y,$$

ou encore, compte tenu de l'identité (2),

$$\left[\int_\Gamma\frac{\partial f}{\partial\, dx}dx+\frac{\partial f}{\partial\, dy}dy\right]_{\Gamma_1}^{\Gamma_2}-\left[\int_C\frac{\partial f}{\partial\, dx}\delta x+\frac{\partial f}{\partial\, dy}\delta y\right]_A$$
$$=\int_{\Gamma_1}^{\Gamma_2}\int_\Gamma\left[\frac{\partial f}{\partial x}-d\left(\frac{\partial f}{\partial\, dx}\right)\right]\delta x+\left[\frac{\partial f}{\partial y}-d\left(\frac{\partial f}{\partial\, dy}\right)\right]\delta y.$$

Si maintenant les arcs Γ_1 et Γ_2 sont les arcs de C autres que C_A et C_B, δ désignant une différentiation selon C,

$$(4)\quad \int_C\frac{\partial f}{\partial dx}\delta x+\frac{\partial f}{\partial dy}\delta y=-\int_{\Gamma_1}^{\Gamma_2}\int_\Gamma\left[\frac{\partial f}{\partial x}-d\left(\frac{\partial f}{\partial dx}\right)\right]\delta x+\left[\frac{\partial f}{\partial y}-d\left(\frac{\partial f}{\partial dy}\right)\right]\delta y.$$

Le symbole qui figure au second membre de (4) présente les caractères d'une intégrale double : mettons-y en facteur l'élément bidifférentiel

$$[dx, dy]=dx\,\delta y-dy\,\delta x.$$

Dérivons (2) par rapport à x

$$\frac{\partial f}{\partial x}=\frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial\, dx}dx+\frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial\, dy}dy.$$

Or

$$\frac{d\partial f}{\partial\, dx}=\frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial\, dx}dx+\frac{\partial^2 f}{\partial y\,\partial\, dx}dy+\frac{\partial^2 f}{\partial\, dx^2}d^2x+\frac{\partial^2 f}{\partial\, dx\,\partial\, dy}d^2y$$

et une dérivation de (2) par rapport à dx montre que

$$\frac{\partial^2 f}{\partial\, dx^2}=-\frac{dy}{dx}\,\frac{\partial^2 f}{\partial\, dx\,\partial\, dy}.$$

Ainsi

$$\frac{\partial f}{\partial x}-d\left(\frac{\partial f}{\partial dx}\right)=\left(\frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial dy}-\frac{\partial^2 f}{\partial y\,\partial dx}+\frac{\partial^2 f}{\partial dx\,\partial dy}\,\frac{d^2x\,dy-d^2y\,dx}{dx\,dy}\right)dy.$$

De même

$$\frac{\partial f}{\partial y} - d\left(\frac{\partial f}{\partial dy}\right) = \left(\frac{\partial^2 f}{\partial y\,\partial dx} - \frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial dy} + \frac{\partial^2 f}{\partial dx\,\partial dy}\,\frac{d^2y\,dx - d^2x\,dy}{dx\,dy}\right)dx.$$

Finalement

$$(5)\qquad \int_C \frac{\partial f}{\partial dx}\delta x + \frac{\partial f}{\partial dy}\delta y = \iint_D \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial dy} - \frac{\partial^2 f}{\partial y\,\partial dx} + \frac{\partial^2 f}{\partial dx\,\partial dy}\,\frac{d^2x\,dy - d^2y\,dx}{dx\,dy}\right)[dx, dy].$$

Le domaine D est l'aire balayée par la courbe AB; dès que l'intégrale curviligne (1) n'est plus linéaire $[(\partial^2 f/\partial dx\,\partial dy) \neq 0]$, les parenthèses contiennent des différentielles dx, dy, d^2x, d^2y calculées suivant la courbe Γ qui passe au point courant.

L'intégrale curviligne de (5) est encore linéaire en δx, δy. Mais les courbes Γ sont arbitraires, sous réserve de larges conditions (continuité et dérivabilité) et, dans le cas particulier important où C est formé exclusivement d'arcs Γ, $\delta x = dx$, $\delta y = dy$, sur le contour C, donc, en vertu de (2),

$$(6)\qquad \int_C f = \iint_D \left[\frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial dy} - \frac{\partial^2 f}{\partial y\,\partial dx} + \frac{\partial^2 f}{\partial dx\,\partial dy}\,\frac{d^2x\,dy - d^2y\,dx}{dx\,dy}\right][dx, dy],$$

formule qui comprend (1) comme cas particulier.

Les formules (5) et (6) s'étendent au cas où f contient des différentielles de tous ordres d'un nombre quelconque de variables et où les intégrales sont multiples d'ordre quelconque : nous en avons tiré d'intéressantes applications et interprétations géométriques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un problème de M. Denjoy.* Note [1] de M. **Frédéric Roger**, présentée par M. Émile Borel.

Position du problème. — Dans son Mémoire sur l'intégration des coefficients différentiels d'ordre supérieur (A. Denjoy, *Fundamenta Mathematicae*, 25), M. Arnaud Denjoy considère les limites, quand x tend vers x_0 par valeurs soit supérieures, soit inférieures, du quotient différentiel d'ordre r d'une fonction continue $f(x)$

$$\left[f(x) - f(x_0) - (x - x_0)f_1(x_0) - \frac{(x-x_0)^2}{2}f_2(x_0) - \ldots - \frac{(x-x_0)^{r-1}}{(r-1)!}f_{r-1}(x_0)\right] : \frac{(x-x_0)^r}{r!},$$

où les coefficients $f_1(x_0)$, $f_2(x_0)$, $\ldots$, $f_{r-1}(x_0)$ sont les limites uniques en n_0 des quotients différentiels d'ordres respectifs 1, 2, ..., $r-1$. A titre de préliminaire à l'intégration, M. Denjoy démontre qu'en un point x_0 où d'un côté (par exemple $x > x_0$) les deux limites extrêmes d'indétermination sont simul-

(1) Séance du 27 mai 1942.

tanément finies, elles ne peuvent être qu'égales, et égales aux deux limites extrêmes de l'autre côté (en sorte qu'il existe une limite unique : le coefficient différentiel d'ordre r), exception faite éventuellement de points x_0 dont l'ensemble est de mesure nulle. Comme c'est, pour l'ordre $r=1$, l'un des deux résultats qui l'avaient conduit aux dispositions fondamentales des nombres dérivés des fonctions continues (A. Denjoy, *Journal de Math. pures et appl.*, 7ᵉ série, 1, 1915), M. Denjoy pose la question de la *validité de ces dispositions* pour les coefficients différentiels d'ordre supérieur.

Contre-exemple. — Nous allons voir qu'il n'en est rien, dès l'ordre $r=2$, grâce à un exemple basé sur la fonction $?x$ de Minkowski. A chaque valeur de l'ensemble parfait totalement discontinu de Cantor $\xi=\Sigma 3^{-i}a_i$ ($a_i=0$ ou 2, jamais 1), Minkowski fait correspondre la valeur $\eta=\Sigma 2^{-i}b_i$ où $b_i=0$ ou 1, suivant que $a_i=0$ ou 2; et aux valeurs ξ de chaque intervalle continu la valeur η commune aux deux extrémités. La courbe représentative C de la fonction $\eta=?\xi$ se compose alors d'un système dénombrable de segments rectilignes S et d'un ensemble parfait totalement discontinu D (qui se projette sur $O\eta$ suivant la totalité du segment $[0, 1]$. Par rapport aux bissectrices intérieure Ox et extérieure Oy de l'angle $\xi O \eta$, C définit une fonction $y=f(x)$ qui vérifie une condition de Lipschitz; la projection de D sur Ox est un ensemble de mesure positive, sur une pleine épaisseur e de laquelle $f'(x)$ existe et vaut $+1$. Soient $P(\xi, \eta)$ un point de D se projetant sur e, $P'(\xi', \eta')$ ($\eta'>\eta$) un point quelconque de C; les développements de η et de η' (celui-ci choisi de manière à comporter une infinité de 1) présentent un premier rang j tel que $b_j=0$, $b'_j=1$ ($j\to\infty$ quand $\eta'\to\eta$); ces coefficients proviennent de $a_j=0$ [car $a_j=1$ correspondrait à une extrémité d'un S sur lequel $f'(x)=-1$] et $a'_j=2$ (car $a'_j=1$ entraînerait $b'_i=0$ quel que soit $i>j$). On a dès lors $(\xi'-\xi)(\eta'-\eta)^{-2}>3^{-j}2^{2(j-1)}\to+\infty$ avec j; de même, à cause de la symétrie de C par rapport au point $\xi=\eta=2^{-1}$, $(\xi'-\xi)(\eta'-\eta)^{-2}\to-\infty$ quand $\eta'-\eta\to 0$ par valeurs négatives. Il en résulte aisément qu'*en chaque point de l'ensemble e de mesure positive, la fonction $y=f(x)$ admet un coefficient différentiel second égal à $+\infty$ à droite et à $-\infty$ à gauche.*

Conclusions géométriques. — D'une manière générale, soient E un ensemble arbitraire de points dans le plan, P un point d'accumulation de E, D une droite déterminée passant par P (par exemple, la normale à E quand la tangente existe), X une grandeur définie par la limite en P (d'un côté ou de l'autre de D) d'une expression numérique convenable attachée à certaines configurations relatives à E; nous conviendrons de dire que *la grandeur* X *présente la répartition de M. Denjoy, lorsque, sauf peut-être en des points* P *dont l'ensemble est de longeur nulle, les limites extrêmes d'indétermination de l'expression* (Λ *et* λ *d'un côté de* D, Λ' *et* λ' *de l'autre*) *ne peuvent présenter que l'une des trois dispositions fondamentales suivantes :*

1° $\Lambda=+\infty$, $\lambda=-\infty$, $\Lambda'=+\infty$, $\lambda'=-\infty$;

2° $\Lambda = +\infty$, $\lambda = \Lambda'$ fini, $\lambda' = -\infty$ (existence d'une seule valeur $\lambda = \Lambda'$ valable de part et d'autre de P);

3° $\Lambda = \lambda = \Lambda' = \lambda'$ fini (existence d'une valeur unique pour X).

Par ailleurs, soient E un ensemble plan, P un point d'accumulation de E, P′ un point de E tendant vers P, Δ une demi-droite d'accumulation de E en P, P″ un point de E tendant vers P dans la direction Δ; parmi les demi-cercles de courbure ordinaire de E en P dans la direction Δ (demi-cercle limite d'un arc de cercle d'origine P contenant P′ et P″) (²), nous appellerons *demi-cercles de courbure tangentielle*, ceux qui proviennent d'arcs de cercle PP″P′ où $PP''/PP' \to 0$; et, parmi ces derniers, *demi-cercles de courbure tangente*, ceux qui proviennent d'arcs de cercle partant de P tangentiellement à Δ et contenant P′.

Dès lors *la courbure tangente des ensembles plans* ($h = k = 0$ avec les notations de la Note citée) *ne saurait présenter la répartition de M. Denjoy* (car cette courbure est liée d'une manière simple du coefficient différentiel d'ordre $r = 2$, pour lequel une telle répartition est infirmée par notre contre-exemple). Au contraire (c'est l'objet principal de la Note déjà citée) *la courbure ordinaire dans le plan* ($h = 0$, k et l de même signe) *présente la répartition de M. Denjoy*. Quant à la *courbure tangentielle* ($h = 0$, k et l de même signe, $k/l \to 0$), dont le faisceau des demi-cercles est intermédiaire entre les deux précédents, *elle présente la propriété de M. Denjoy renforcée*, en ce sens que l'éventualité intermédiaire (2°) est elle-même exclue :

Théorème de répartition des courbures tangentielles d'un ensemble plan. — *En chaque point de la fermeture d'un ensemble* E *de points du plan, sauf peut-être en certains dont l'ensemble est de longueur nulle* (*réparti sur une famille dénombrable de courbes de Lipschitz et de largeur nulle sur elles*), *les courbures tangentielles de* E *ne peuvent présenter que l'une des deux dispositions suivantes :*

1° *Dans chaque direction d'accumulation* Δ, *les deux courbures tangentielles extrêmes sont* $\Gamma = +\infty$ *et* $\gamma = -\infty$;

2° E *admet* (*outre une tangente*) *une courbure unique, non seulement tangentielle* ($h = 0$, $k/l \to 0$), *mais même régulière* ($k/k \not\to 1$, $l/k \not\to 1$).

THÉORIE DU POTENTIEL. — *Capacité extérieure et suites convergentes de potentiels*. Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Plaçons-nous, pour fixer les idées, dans l'espace euclidien à $n > 2$ dimensions, et considérons le potentiel newtonien défini par la fonction $f(x, y) = r^{2-n}$ (x et y désignent deux points, r leur distance). Les résultats qui suivent, et dont la démonstration sera publiée ailleurs, vaudront dans d'autres cas, par exemple pour $f(x, y) = r^{\alpha-n}$ ($n \leq 2$, $0 < \alpha < 2$), et aussi, dans le cercle

(²) F. Roger, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 852.

$|x| < 1$ du plan d'une variable complexe, pour

$$f(x, y) = \log \left| \frac{1 - \bar{x}y}{x - y} \right|$$

(x et y nombres complexes de module < 1).

Le *potentiel* d'une distribution μ de masses positives est la fonction $U^{\mu}(x)$ définie par l'intégrale

$$U^{\mu}(x) = \int f(x, y)\, d\mu(y),$$

et l'*énergie* est $\int U^{\mu}(x)\, d\mu(x)$ (elle peut être infinie). L'énergie de la différence de deux distributions positives μ et ν d'énergie *finie* est

$$\int (U^{\mu} - U^{\nu})(d\mu - d\nu);$$

elle est bien déterminée, toujours positive, et ne s'annule que si $\mu = \nu$; nous désignerons par $\| \mu - \nu \|$ sa racine carrée. La *capacité* d'un ensemble K *compact* (c'est-à-dire fermé borné) est la borne supérieure des masses portées par K pour les μ positives telles que $U^{\mu} \leq 1$ partout. La *capacité intérieure* $\gamma_i(A)$ d'un ensemble A quelconque est la borne supérieure des capacités des compacts contenus dans A. La *capacité extérieure* $\gamma_e(A)$ est la borne inférieure des capacités (intérieures) des ensembles *ouverts* contenant A. Lorsque $\gamma_e(A) = \gamma_i(A)$, on dit *capacité* tout court; c'est le cas, notamment, des compacts et des ouverts. La capacité *extérieure* d'une réunion finie ou dénombrable d'ensembles est au plus égale à la somme de leurs capacités extérieures.

2. Ces définitions étant rappelées, on sait que les *ensembles de capacité nulle* interviennent dans beaucoup de questions. Or il faudrait distinguer entre les deux notions de capacité *intérieure* nulle et de capacité *extérieure* nulle; il est vrai que, pour certains ensembles (par exemple les réunions dénombrables de compacts), les deux propriétés sont équivalentes. En général on se borne à prouver que l'ensemble étudié a une capacité intérieure nulle. Par exemple il est bien connu que l'ensemble des points où un potentiel (non $\equiv \infty$) est infini a une capacité (intérieure) nulle; or je montre facilement que sa capacité *extérieure* est nulle, et ce fait est intéressant parce qu'il y a une réciproque. Appelons en effet, avec Brelot, ensemble *polaire* tout ensemble A tel qu'il existe un potentiel infini en tout point de A, et $\not\equiv \infty$. Alors

THÉORÈME 1. — *Pour qu'un ensemble soit polaire, il faut et il suffit que sa capacité extérieure soit nulle.*

3. La limite d'une suite décroissante de potentiels [1] n'est pas toujours identique à un potentiel : par exemple, quel que soit l'ensemble polaire A, il existe une suite décroissante de potentiels infinis en tout point de A, et dont la

---

[1] Il n'est question ici que de potentiels dus à des masses *positives*.

limite est nulle en dehors d'un ensemble polaire. On doit à Brelot [2] le remarquable théorème : *la limite u d'une suite décroissante de potentiels est égale à un potentiel v, sauf sur un ensemble de capacité intérieure nulle*; et l'on a $v(x) \leqq u(x)$ partout. On déduit de là : pour une suite *quelconque* de potentiels u_n, $\liminf_{n\to\infty} u_n(x) = u(x)$ est égale à une fonction $v(x)$ [limite d'une suite croissante de potentiels [3]] sauf sur un ensemble de capacité intérieure nulle; et $v(x) \leqq u(x)$ partout [4]. Or je peux prouver que l'ensemble exceptionnel où $v(x) < u(x)$ est *polaire* (résultat pressenti par Brelot); cela résulte du

Théorème 2. — *Étant donnés une suite monotone de potentiels u_n inférieurs à un potentiel fixe, un ensemble compact* K *arbitraire et un nombre $\alpha > 0$, l'ensemble des points où $|v - u_n| > \alpha$ a une capacité extérieure qui tend vers zéro quand $n \to \infty$* (v désigne le potentiel égal à $u = \lim u_n$ sauf sur un ensemble de capacité nulle).

Même dans le cas d'une suite *croissante* (alors $v \equiv u$), ce théorème est nouveau; Brelot le considérait comme probable dans le cas plus particulier où les u_n sont déduits d'un potentiel fixe u par médiation sur des sphères de rayons tendant vers zéro.

Le théorème 2 vaut non seulement pour des *suites* dénombrables, mais pour des familles quelconques (ordonnées filtrantes). Ainsi *la borne inférieure d'une famille quelconque de potentiels est toujours égale à un potentiel sauf sur un ensemble polaire.* Quant à la démonstration du théorème 2, elle repose sur le

Lemme. — *Étant données deux distributions positives μ et ν, d'énergie finie, l'ensemble des points où $U^\mu - U^\nu > \alpha\ (\alpha > 0)$ a une capacité extérieure $\leqq \alpha^{-2}\|\mu-\nu\|^2$.*

4. Définissons, dans l'ensemble $\mathfrak{M}$ des distributions *positives*, d'énergie finie, la distance de μ et ν par $\|\mu - \nu\|$. En relation avec l'étude des suites de potentiels, je démontre le théorème fondamental [5] :

Théorème 3. — *L'espace $\mathfrak{M}$ est complet.*

Ce théorème est l'analogue du théorème de Fischer-Riesz pour l'espace des fonctions de carré sommable. Il est appelé à jouer un rôle décisif en théorie du potentiel.

---

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 836. Brelot envisage, plus généralement, des fonctions surharmoniques supérieures à un nombre fixe (en fait, Brelot raisonne dans le cas sous-harmonique); mais l'étude des fonctions surharmoniques se ramenant finalement à celle des potentiels, je me borne ici au cas des potentiels.

(3) $v(x)$ est surharmonique; on peut, dans certains cas, affirmer que v est un potentiel : par exemple si les u_n sont majorés par un potentiel fixe, ou si la masse totale de la distribution donnant naissance à u_n est inférieure à un nombre fixe.

(4) Il en résulte que $v(x) = \liminf_{y \to x} u(y)$ en tout point x.

(5) J'avais déjà prouvé, sous des hypothèses plus générales, que *le sous-espace des distributions positives portées par un ensemble compact fixe est complet* (*Bull. Soc. Math. de France*, 69, 1941, p. 71-96).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une famille particulière de tourbillons en tores microscopiques.* Note [1] de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. Henri Villat.

En faisant tomber des gouttes de paraffine dans une enceinte dont la température est uniforme, on peut étudier avec précision les tourbillons en tores qui se produisent lorsque ces gouttes s'écrasent sur un plan horizontal [2]. L'étuve peut être facilement constituée par un long tube de Liebig vertical alimenté dans sa double paroi par un courant d'eau chaude; le tube central étant réservé pour le thermomètre et un compte-gouttes assez long pour

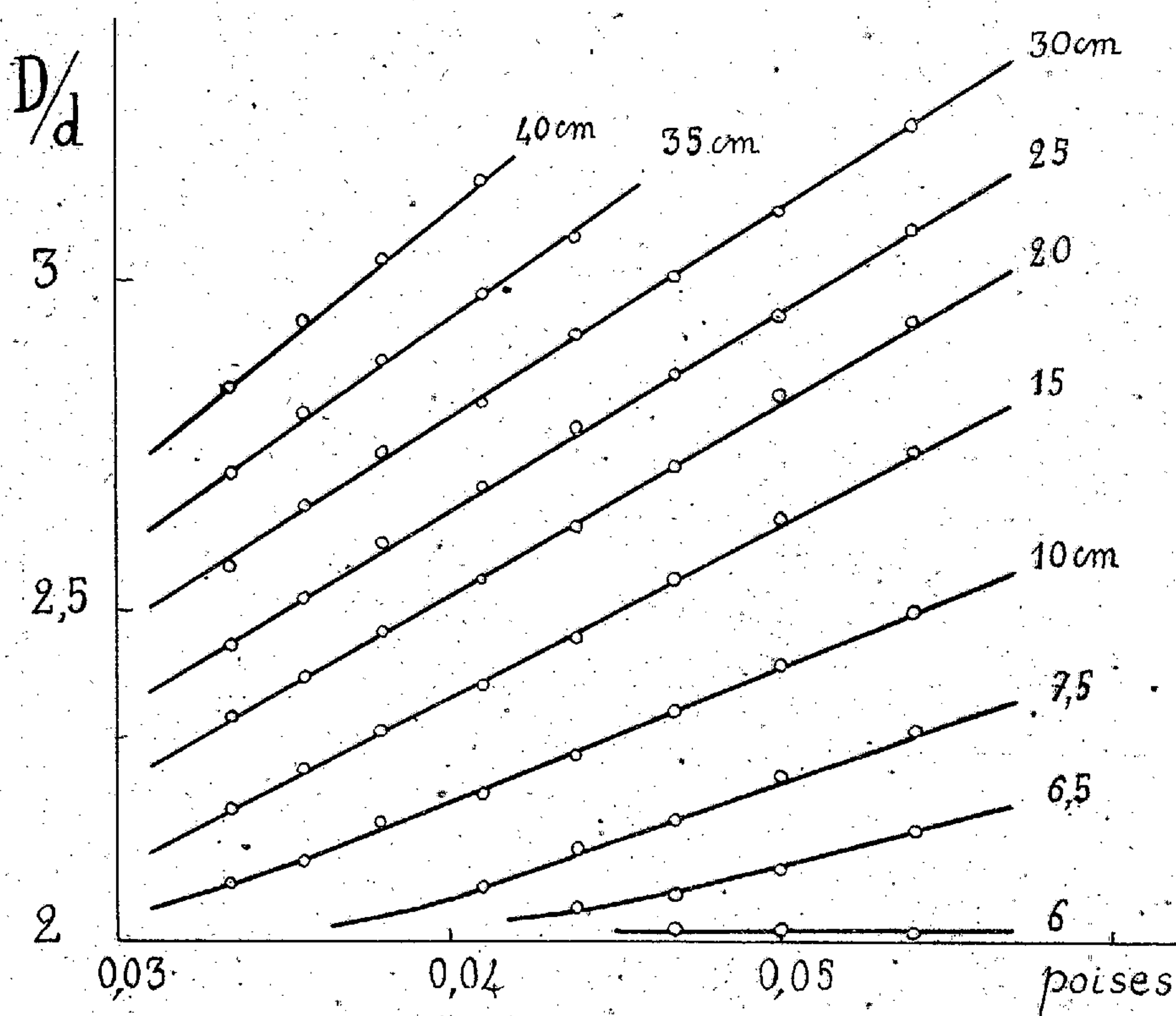


Fig. 1.

être actionné de l'extérieur. Les résultats sont particulièrement nets si, pour chaque température et pour chaque hauteur de chute, on prend la moyenne des mesures effectuées sur une dizaine de gouttes.

La courbe de viscosité de la paraffine utilisée, établie entre son point de fusion (50°-52°) et 100°, permet d'éliminer l'action de la température et d'étudier la

(1) Séance du 8 juin 1942.

(2) R. Mérigoux, *Cahiers de Physique*, 17, 1941, p. 201.

variation du rapport D/*d* des diamètres directement en fonction de la viscosité η et de la hauteur de chute *h*.

J'ai étudié ainsi la famille de tourbillons se produisant lorsque *h* varie de 6 à 40^{cm}; η variant de 0,030 à 0,055 poise; la densité de la paraffine étant de 0,72.

I. *Influence de la viscosité.* — Il y a pour chaque valeur de *h* une relation linéaire entre la viscosité et D/*d* (*fig.* 1). Le rapport D/*d* est limité inférieurement par le nombre 2; il est limité supérieurement par un nombre voisin de 3,15, après quoi une autre famille de tourbillons s'établit.

II. *Influence de la hauteur de chute.* — En ordonnant les nombres obtenus en fonction de *h*, on constate que, dans certaines limites, il y a également une relation linéaire entre *h* et D/*d*. On constate également que, quelle que soit la viscosité, les tourbillons ne s'établissent que si *h* est supérieur à 6^{cm}.

III. *Passage d'une famille de tourbillons à une autre famille.* — Du côté des grandes viscosités, il n'est pas progressif. Il existe pour D/*d* un domaine où deux familles peuvent l'une ou l'autre se former et même se mélanger avec une remarquable indépendance (*fig.* 2). Du côté des faibles viscosités on peut voir

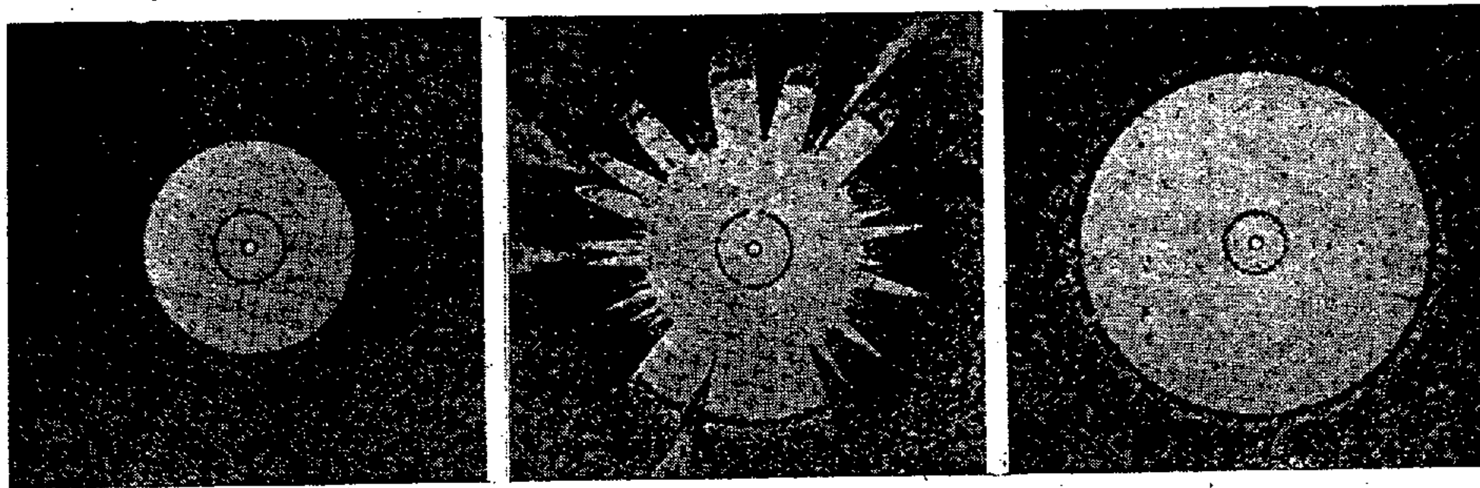


Fig. 2.

une troisième zone de balayage s'établir peu à peu sans que le rapport D/*d* subisse de variation brusque.

Remarque. — J'avais cru devoir ([3]) attribuer à Decharme une première description des traces de tourbillonnements en tores microscopiques; mais, d'après une étude accompagnée de figures ([4]), il semble que cet auteur ne se soit occupé que des traces produites par les rides de Poncelet circulaires et périphériques et non des tourbillons centraux.

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 719.
([4]) *Journ. de Physique*, 14, 1884, p. 482.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des électrolytes sur la viscosité des solutions d'empois d'amidon.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Madeleine Chapeaux**, présentée par M. Charles Achard.

Kruyt [1] a montré que, pour des solutions de colloïdes hydrophiles (agar-agar, gomme arabique, amidon), l'addition de divers sels en quantités très faibles entraîne une diminution de la viscosité d'autant plus rapide que la valence de l'ion actif est plus grande. S. Thévenet [2] a retrouvé ce phénomène sur les solutions de colloïdes humiques, les sels de sulfure d'arsenic et les suspensions de bentonite, et constaté que, pour des sels de même anion, la concentration de l'électrolyte correspondant au minimum de viscosité diminue à mesure que croît la valence du cathion, tandis que la viscosité minimum croît avec cette valence. Nous nous sommes proposé d'examiner comment se comporte l'empois d'amidon, en ce qui concerne l'influence qu'exercent les électrolytes sur la viscosité de ses suspensions.

L'empois d'amidon était préparé en chauffant au bain-marie, aux environs de 80°, une suspension obtenue en délayant dans l'eau de l'amidon de riz préalablement pulvérisé et tamisé. Afin d'étudier l'influence exercée par la nature des cathions et des anions sur la viscosité de cet empois, nous avons effectué deux séries de mesures en utilisant : 1° des chlorures à cathions de valence différente; 2° divers sels de potassium.

A partir d'une solution d'empois d'amidon contenant $2^g,6$ d'amidon pour 100^{cm^3}, nous avons préparé des mélanges contenant 20^{cm^3} d'empois et 20^{cm^3} de solution électrolytique de concentration variable; nous désignerons par η_2 la viscosité de ces mélanges et par η_1 la viscosité de la solution obtenue en mélangeant 20^{cm^3} de solution électrolytique et 20^{cm^3} d'eau. Le quotient η_2/η_1 représente la viscosité de la solution d'empois d'amidon par rapport à son liquide intermicellaire. En divisant ce quotient par la viscosité η_0 de la suspension d'amidon diluée dans un égal volume d'eau, la valeur obtenue exprimera l'influence que l'électrolyte envisagé exerce sur la viscosité de la solution d'empois d'amidon. Les mesures ont été faites à 26° à l'aide du viscosimètre d'Ostwald.

Les tableaux ci-dessous donnent pour diverses concentrations c évaluées en équivalent-gramme du cathion par litre, les valeurs $\eta_2/\eta_1\eta_0$ relatives à l'influence des divers électrolytes.

c.	ClK.	Cl^2Ba.	Cl^3Al.
0	1	1	1
$0,25.10^{-3}$N	0,985	0,986	0,973
0,5 »	0,960	0,967	0,969
0,75 »	0,942	0,940	1,076
1 »	0,928	0,915	1,415
1,25 »	0,920	0,925	1,577
5 »	0,903	1,519	1,837
25 »	0,939	1,628	1,860
50 »	1,127	1,712	1,871
125 »	1,527	–	–
250 »	1,627	–	–

(1) *Les Colloïdes*, Paris, 1933, p. 211.
(2) *Thèse*, Lyon, 1939, pp. 54-66-79.

c.	IK.	ClK.	SO^4K^2.	PO^4K^3.	OHK.
0	1	1	1	1	1
$0,05.10^{-3}$N.........	–	0,995	0,990	0,985	0,886
0,1 »	0,998	0,985	0,980	0,972	0,883
0,5 »	0,982	0,951	0,950	0,917	1,016
1 »	0,967	0,928	0,934	0,926	1,088
5 »	0,914	0,903	0,926	0,979	1,297
10 »	0,898	0,909	0,946	1,010	2,125
15 »	0,898	0,915	0,960	1,037	2,325
25 »	0,946	0,939	0,979	1,084	2,566
50 »	1,066	1,127	1,078	1,124	–
125 »	1,336	1,527	1,253	1,163	–
250 »	1,673	1,627	1,441	1,207	–

Pour tous les électrolytes envisagés, la viscosité diminue d'abord à mesure que croît la concentration en électrolyte dans la solution, passe par un minimum et croît ensuite de plus en plus pour atteindre des valeurs considérables.

Avec des chlorures à cathions de diverses valences, on constate que la concentration c_m relative au minimum diminue à mesure que croît la valence du cathion, tandis que la valeur de ce minimum croît légèrement. Avec les divers sels de potassium, les concentrations fournissant le minimum de viscosité varient avec les anions utilisés, mais l'influence de la valence est moins nette que pour les cathions. C'est ce que montrent les nombres du tableau ci-dessous.

Électrolytes.	C_m.	$\left(\frac{\eta_2}{\eta_1\eta_0}\right)_{\text{min.}}$	Électrolytes.	C_m.	$\left(\frac{\eta_2}{\eta_1\eta_0}\right)_{\text{min.}}$
ClK.....	5.10^{-3}N	0,903	IK.......	13.10^{-3}N	0,897
Cl^2Ba....	1 »	0,915	ClK.......	5 »	0,903
Cl^3Al....	0,5 »	0,970	SO^4K^2....	5 »	0,926
			PO^4K^3....	0,5 »	0,917
			OHK.....	0,1 »	0,883

En résumé, la viscosité des solutions d'empois d'amidon éprouve, par addition d'un électrolyte, des variations analogues à celles qui ont été observées sur un certain nombre de solutions colloïdales. Sous l'influence de concentrations croissantes d'électrolytes, la viscosité diminue d'abord, passe par un minimum et croît ensuite, la concentration pour laquelle est observé le minimum de viscosité, et la valeur de ce minimum étant, pour des électrolytes de même anion, déterminée par la valence du cathion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence de la solubilité de l'oxydule de fer dans le fer solide chauffé.* Note (¹) de M. **Albert Portevin**, présentée par M. Léon Guillet.

La solubilité de l'oxydule de fer FeO dans le fer pur solide chauffé, très controversée en raison des difficultés expérimentales rencontrées, n'est étayée

(¹) Séance du 4 mai 1942.

jusqu'à présent que par des preuves indirectes (analyse après diffusion, influence souvent non spécifique sur les propriétés du fer). Une conséquence directe de cette solubilité serait la coalescence des inclusions d'oxydule de fer, que nous avons réussi à mettre en évidence, avec M. René Castro, dans les conditions suivantes :

Alors que les gros amas d'oxydule se laissent allonger ou aplatir sans difficulté dans un grand intervalle de température, ce résultat ne peut être obtenu sur les petites inclusions de FeO qu'en associant un écrasement violent à un refroidissement rapide. Ceci a été réalisé en particulier en utilisant un poinçon conique enfoncé par choc dans de petits cylindres de métal chauffé à 750-850°. On constate, sur ces échantillons recuits ensuite à des températures croissantes, qu'à partir de 800° environ les plus petites des inclusions (1 à 2 μ) reprennent la forme globulaire et que, vers 1000°, elles ont toutes repris cet aspect, sauf les plus grosses d'entre elles ($>10\,\mu$).

Ces résultats s'expliquent par une solubilité des inclusions dans le métal, solubilité qui commencerait à devenir sensible à partir de 800° en même temps que leur plasticité. On doit remarquer que d'autres inclusions, beaucoup plus plastiques, s'allongeant en éléments filiformes par corroyage, mais insolubles dans le métal, telles que les silicates vitreux de Fe et Mn, ne présentent pas ces changements de forme par recuit aux températures envisagées.

Par contre H. Esser et H. Cornélius (²), à la suite d'examens microscopiques d'inclusions de FeO faits *à chaud* dans le vide, avaient constaté une augmentation fréquente de leurs dimensions ainsi que la réunion apparente d'inclusions voisines, et ils en avaient conclu à l'absence de solubilité de FeO dans le fer.

Mais cette méthode d'observation a une valeur limitée par les faibles grossissements et les moindres qualités optiques imposés par les facteurs expérimentaux. On peut obvier à ces inconvénients en procédant à un examen micrographique, *après* chauffage dans le vide, de points préalablement repérés de la surface, ce qui permet de se placer dans les conditions optimum d'examen. Cette dernière technique nous a conduit, avec M. René Castro, à une bien meilleure observation des phénomènes mettant en évidence une diminution ou disparition des inclusions d'oxydule sur la surface polie, constatation s'accordant au contraire avec la solubilité de cet oxydule.

Les figures 1 et 2 montrent ($\times 1100$) le changement, résultant d'un chauffage dans le vide à 1000°, de l'aspect de la surface polie d'un échantillon contenant des inclusions de FeO allongées par déformation mécanique :

a. Certaines inclusions de taille moyenne ont diminué de dimensions surtout en longueur : leurs contours se sont arrondis; elles se trouvent au fond de petits cratères qui, examinés sous faible grossissement et avec un faible

---

(²) *Stahl und Eisen*, 53, 1933, p. 532.

diaphramme d'ouverture (c'est-à-dire dans les conditions d'observation de Esser et Cornélius), donnent au contraire l'impression d'une augmentation apparente de dimensions.

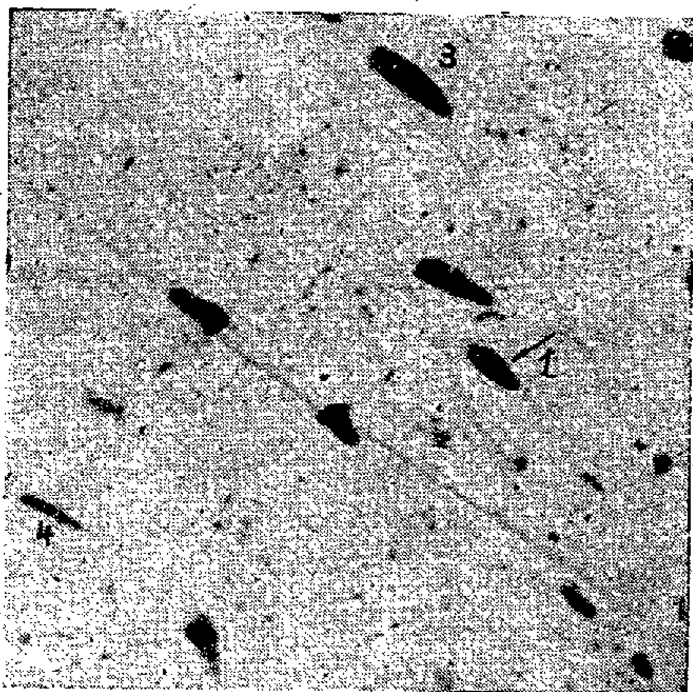


Fig. 1.

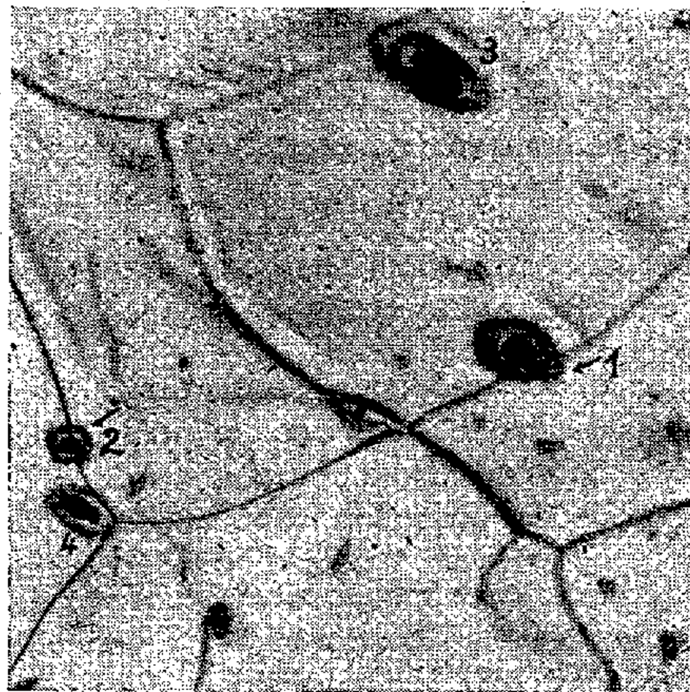


Fig. 2.

b. La plupart des autres inclusions ont pratiquement disparu avec, en général, présence d'un point sombre au fond de leurs cratères cicatriciels. Ces aspects ne correspondent pas à un enfoncement éventuel des inclusions au-dessous de la surface du métal, ce que montrent des repolissages légers et successifs, et leur génèse doit se rattacher à deux causes principales :

1° Mise en solution de l'inclusion (le point sombre étant un résidu d'oxyde


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.

métallique autre que FeO, en solution dans l'inclusion, mais insoluble dans le fer).

2° Causes banales inhérentes à la tension superficielle du fer et aux phéno-

mènes plastiques accompagnant sa transformation allotropique (la volatilisation du fer ne semble pas devoir être retenue, étant donné que la perte de poids mesurée par heure à 1000° correspond à une épaisseur de $5.10^{-3}\ \mu$).

Le contrôle de cette interprétation nous a été fourni par des observations faites (grossissement 1100) sur :

a. des inclusions insolubles de silice vitreuse (*fig*. 3) qui subsistent inaltérées, en donnant même l'illusion d'avoir grossi et parfois de s'être réunies entre elles (*fig*. 4) par suite, d'une part de la rétraction en bourrelet du métal qui les entoure, et d'autre part de ce qu'elles étaient soudées au-dessous du plan micrographique initial, ce que confirme un léger polissage (*fig*. 5);

b. des inclusions manifestement solubles à chaud dans le fer, comme FeS, qui laissent subsister une cavité vide de son contenu initial.

Une confirmation des résultats concernant FeO nous a été donnée par la répétition des phénomènes observés sur des échantillons présentant des plages légères de rouille ou bien une oxydation superficielle mince et très adhérente (pellicule de revenu). Après chauffage à 1000°, la rouille et l'oxyde disparaissent et le métal prend un aspect brillant plus ou moins rugueux, sauf aux endroits où la pellicule d'oxyde était décollée et où celle-ci subsiste.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption dans l'ultraviolet des vapeurs d'acide azothydrique*. Note de M. **Edgar-T. Verdier**, présentée par M. Jacques Duclaux.

J'ai signalé (1) que l'intensité du rayonnement ultraviolet émis au cours de l'électrolyse d'une solution de N^3H ou de N^3Na dépendait pour une part des réactions secondaires attribuables aux vapeurs de N^3H toujours présentes au-dessus de ces solutions, et liées à la désactivation de l'azote activé électroniquement, identifié par R. Audubert et C. Racz (2). J'ai étudié la variation de l'absorption de ces vapeurs en fonction de leur pression, ainsi que l'influence des gaz comme l'azote, l'hydrogène, l'argon, le protoxyde d'azote et l'oxygène qui ont un effet considérable sur la réaction photogénique précédente.

L'absorption a été mesurée grâce au dispositif déjà décrit (3) (monochromateur et photo-compteur à CuI alcool). La cuve à faces parallèles en quartz était reliée par deux robinets, d'une part à un petit ballon contenant de l'azoture de sodium et de l'acide sulfurique concentré, et d'autre part à une pompe à vide. Un manomètre à mercure permettait de déterminer la pression des vapeurs de N^3H à l'intérieur de la cuve entre $0^{mm},1$ et 10^{cm}.

La série de courbes de la figure 1 montre la variation du rapport I/I_0 en

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 617.
(2) *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **7**, 1940, p. 907.
(3) M. Bonnemay et E.-T. Verdier, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 228.

fonction de la pression pour différentes longueurs d'onde, où I et I_0, intensités lumineuses à la sortie de la cuve et du monochromateur, sont données respectivement par le nombre de décharges enregistrées par le compteur, par unité de temps, avec et sans la cuve.

L'absorption ne varie pas suivant la loi de Beer, mais passe par un maximum pour une pression de $2^{cm},5$ de mercure.

Dans la figure 2 sont portées les valeurs de I/I_0 en fonction de la longueur

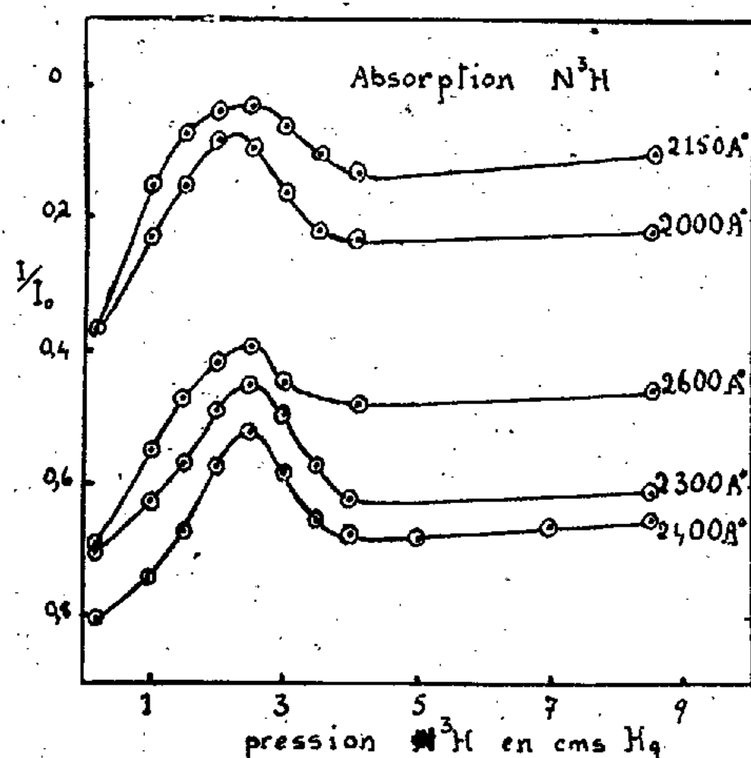


Fig. 1.

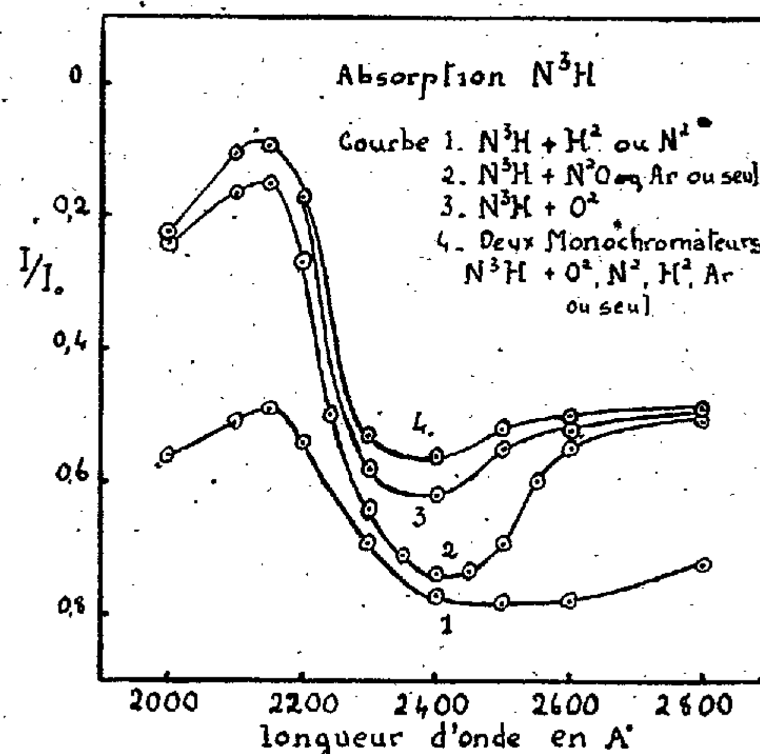


Fig. 2.

d'onde pour une pression de 1^{cm} de N^3H en présence d'une quantité constante (une atmosphère) d'azote, d'hydrogène, d'argon, de protoxyde d'azote ou d'oxygène. Il semblerait que les vapeurs de N^3H soient moins fortement absorbantes en présence de N^2 ou de H^2 que dans le vide ou en présence d'oxygène.

Pensant que ce fait était dû à une décomposition photochimique, j'ai modifié le montage utilisé de façon à opérer strictement en lumière monochromatique. Un deuxième monochromateur a été placé entre la cuve et le compteur photoélectrique. Dans ces conditions on obtient la courbe de la figure 2. Cette fois, l'atmosphère gazeuse est sans influence sur l'absorption.

On sait déjà (⁴) que, sous l'action de la lumière d'une longueur d'onde inférieure à 2500Å, les vapeurs de N^3H se décomposent avec formation en premier lieu d'azote et du radical >NH. Cette décomposition est très lente par rapport à celle de l'acide en solution (³) et elle n'est pas mesurable, ainsi que je l'ai constaté, en excitant par la lumière d'un tube de Chalonge. Il semble logique d'admettre que cette réaction photochimique s'accompagne d'une émission de

(⁴) A. O. Beckman et R. G. Dickinson, *J. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 1870; 52, 1930, p. 124; Myers et Beckman, *ibid.*, 57, 1935, p. 89.

lumière, si faible soit-elle, due à la désactivation de l'azote activé électroniquement présent dans la molécule N^3H et libéré par la rupture de celle-ci.

Cette émission serait intensifiée en présence d'azote et d'hydrogène par une ramification des chaînes identique à celle que j'ai proposée pour expliquer l'augmentation considérable de l'intensité du rayonnement accompagnant l'électrolyse des solutions de N^3H et de N^3Na sous une atmosphère de N^2 et de H^2. L'oxygène, par contre, agirait comme inhibiteur de la réaction photogénique par une rupture des chaînes alors que l'argon et le protoxyde d'azote seraient sans influence.

Si nous admettons cette hypothèse, la diminution de l'absorption apparente des vapeurs de N^3H, réalisée avec le premier montage, proviendrait du fait que la lumière sortant de la cuve n'étant plus monochromatique, l'intensité mesurée par le compteur n'est plus caractéristique de la longueur d'onde excitatrice, mais de la somme de plusieurs bandes accompagnant la réémission. C'est ainsi que nous pouvons constater d'après les courbes de la figure 2 que la différence entre les deux modes d'opération est d'autant plus grande que la longueur d'onde est plus éloignée du maximum de sensibilité spectrale du compteur qui est situé entre 2250 et 2300 Å.

Cette manière d'opérer permet donc de mettre en évidence un phénomène d'émission de lumière ultraviolette extrêmement faible accompagnant la décomposition photochimique des vapeurs de N^3H. En plus, il a été possible d'établir, comme le laissaient prévoir les résultats antérieurs déjà cités, que cette réaction est accélérée par l'azote et l'hydrogène et diminuée par l'oxygène.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi de la pesée continue pour l'étude des relations de l'eau avec l'acide oxalique.* Note de M. **Marcel Guichard**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'acide oxalique cristallise avec $2H^2O$ qu'il perd assez facilement; il peut renfermer de l'eau en excès, formant sur les cristaux une solution saturée; enfin, lorsqu'il est anhydre, il peut se décomposer à chaud en donnant de l'eau.

Le dosage de l'eau dans l'acide oxalique et l'obtention de ce corps dans un état absolument défini d'hydratation et d'humidité présentent des difficultés que nous n'avons pu résoudre que par l'emploi de la pesée continue telle que nous l'avons souvent préconisée [1], et qui consiste essentiellement à placer le four ou l'étuve sous la balance de façon à tracer par un très grand nombre de points la courbe des pertes de poids en fonction du temps, la substance étudiée restant en permanence suspendue au fléau de la balance par un long fil.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 675; *Ann. Chim.*, 9, 1938, p. 323.

Nous donnerons ici seulement quelques résultats : sur la figure 1 la droite A représente le départ de l'eau en excès sur l'acide oxalique hydraté ; la droite B représente le départ des deux molécules d'eau combinées, l'expérience étant conduite à 22°, dans un courant d'air sec. L'intersection des deux droites A

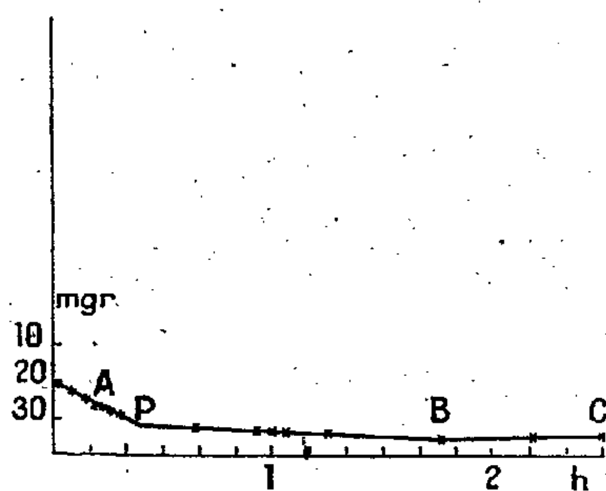


Fig. 1.

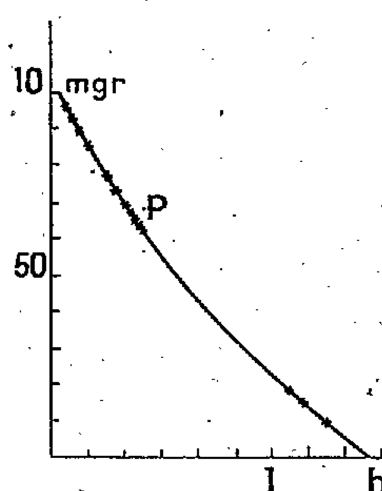


Fig. 2.

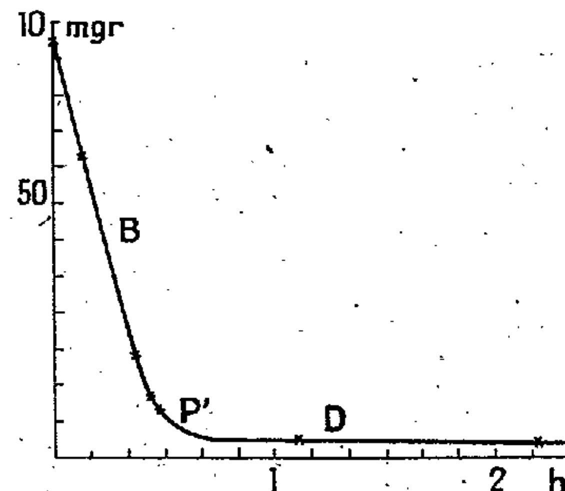


Fig. 3.

et B donne un point P qui correspond exactement à la teneur de $2H^2O$. La détermination de ce point P donne donc le dosage de l'eau en excès et elle permet d'obtenir en toute rigueur de l'acide oxalique ayant exactement les deux molécules d'eau combinées.

Après une certaine déshydratation, suivant B, si l'on remplace l'air sec par un courant d'air humide, on peut retourner au point P, en suivant la droite ascendante C de réhydratation.

Ces conclusions ne sont plus valables si l'on opère à une température sensiblement plus élevée; à 75°, par exemple, la brisure du point P n'est pas marquée et l'on passe du départ de l'eau libre au départ de l'eau combinée, sans en être averti.

Enfin, si l'on arrive au voisinage de 100°, la disparition des $2H^2O$ devenant totale suivant B, figure 3, on assiste au commencement de la décomposition de l'acide anhydre, suivant D (expérience à 104°). Dès que l'on a dépassé la région P', l'acide est donc anhydre.

On hésite parfois à employer l'acide oxalique cristallisé pour préparer les liqueurs titrées acides ou réductrices, dans la crainte que cet acide ne contienne un peu plus ou un peu moins de $2H^2O$.

Or, si l'on se sert de la pesée continue, il devient extrêmement simple de préparer un échantillon d'acide contenant exactement $2H^2O$, puisqu'il suffit de tracer le diagramme de la figure 1 et d'arrêter la dessiccation ou la réhydratation exactement au point P. Dans ces conditions, l'acide oxalique peut donner toute sécurité pour la préparation de liqueurs titrées exactes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du silicium dans les produits sidérurgiques.* Note de M. **Arnold Lassieur**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le silicium est dosé dans les produits sidérurgiques par attaque sulfonitrique suivie d'une évaporation jusqu'à production d'abondantes fumées sulfuriques. Le silicium est transformé soit en silice, soit en substances fournissant de la silice par calcination, qu'on isole, qu'on calcine et qu'on pèse. L'insolubilisation de la silice n'est pas rigoureuse. Une certaine quantité reste en solution, et il est nécessaire d'effectuer une nouvelle évaporation à sec des eaux de filtration pour la récupérer.

Une fonte soumise à l'analyse dans ces conditions a donné :

Silicium %..... 1re évaporation 2g,04 2e évaporation 0g,04 Total 2g,08

Émile Jaboulay, l'aciériste de Saint-Étienne, m'avait fait connaître, il y a quelques années, dans une communication non publiée, qu'à son avis, le déficit en silicium après la première évaporation est dû à une redissolution de la silice et non à une insolubilisation incomplète. Quand l'évaporation a été poursuivie à son terme, pour obtenir une dissolution dans l'eau du résidu, il faut additionner celui-ci d'acide chlorhydrique concentré, détruisant ainsi les sels basiques de fer insolubles. Ce serait dans cette action qu'une certaine quantité de silice se redissoudrait. Pour éviter cet inconvénient, Jaboulay conseille d'attaquer le métal par l'acide chlorhydrique et de filtrer avant toute évaporation. La plus grande partie du silicium est insolubilisée sous forme de leucones et échappe à une redissolution ultérieure. Une seule évaporation fournit alors un résultat correct.

J'ai montré (1) que, dans le cas des alliages d'aluminium, il est possible d'insolubiliser quantitativement la silice sans recourir à l'évaporation à sec. Le même résultat peut être obtenu avec les produits ferreux, sans plus de peine, mais en fixant plus rigoureusement les conditions de l'opération. L'attaque du métal, soit par l'acide nitrique, soit par l'acide chlorhydrique, soit par le mélange des deux, n'amène qu'une insolubilisation partielle de la silice, atteignant péniblement la moitié de la quantité totale que doit fournir la prise d'essai. Il est indispensable d'avoir recours au mélange des acides sulfurique et nitrique. L'attaque étant complète, il faut réaliser une concentration en acide sulfurique de 50 % en volume pour amener la totalité du silicium sous une forme insoluble. Cette condition, suffisante dans le cas des alliages d'aluminium, ne l'est plus avec les produits sidérurgiques. La floculation complète du précipité siliceux exige une durée d'au moins deux heures. On réalise alors une insolubilisation presque rigoureuse.

---

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 80.

Le mode opératoire arrêté est le suivant : Dans un bécher de 400^{cm^3}, on place 3^g de l'échantillon finement divisé. On ajoute successivement 20^{cm^3} d'acide nitrique $d = 1,33$ et 40^{cm^3} d'acide sulfurique à 50 % en volume. L'attaque est assez vive. On l'achève par chauffage. Le bécher est ensuite plongé dans un bain-marie bouillant où il est abandonné durant deux heures. Ce temps permet la floculation du précipité et la réduction du volume nécessaire. On reprend par 200^{cm^3} d'eau chaude. On filtre le liquide qui traverse le filtre à bonne vitesse, on lave et calcine humide le précipité qui est enfin pesé. La pureté de la silice est vérifiée par volatilisation au moyen d'acide fluorhydrique, comme à l'ordinaire. Certains aciers résistent à l'attaque sulfonitrique : aciers inoxydables, aciers au tungstène. Dans ce cas l'attaque est obtenue en ajoutant 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique $d = 1,19$.

Cette méthode a été appliquée aux produits préparés par la Société des Échantillons-types pour analyses. En vue d'apprécier son degré d'exactitude, dans chaque dosage, les eaux mères, séparées de la silice, ont été évaporées à production de fumées blanches. Par le traitement ordinaire, on a récupéré une certaine quantité de silice ayant échappé au dosage. Le tableau ci-dessous fait connaître les résultats obtenus :

Échantillon.	Silicium dosé.	Silicium ayant échappé au dosage.	Total.	Valeur d'étalonnage.
	%	%	%	%
Acier n° 0..............	0,42	0,02	0,44	0,40
» à 0,05 % C n° 1.......	0,0028	0,012	0,014	0,009
» à 0,15 % C n° 2......	0,085	0,001	0,086	0,084
» eutectoïde n° 4.......	0,22	0,01	0,23	0,21
» au chrome n° 6.......	0,30	0,01	0,31	0,28
Fonte hématite n° 7........	2,14	0,02	2,16	2,11
Acier chrome-nickel n° 8....	0,23	0,01	0,24	0,21
» au cobalt n° 15.......	0,15	0,01	0,16	0,16
» » n° 16.......	0,22	0,01	0,23	0,19
» inoxydable n° 17.....	0,39	0,01	0,40	0,37

Les nombres portés dans la colonne *Valeur d'étalonnage* sont ceux figurant sur les certificats accompagnant les échantillons-types. Jusqu'à preuve du contraire, ils représentent la vérité.

Dans l'ensemble, les résultats sont excellents et supérieurs à ceux que fournit par la méthode habituelle. Dès la première opération, les teneurs en silicium trouvées sont presque toujours supérieures aux valeurs d'étalonnage. Celles-ci paraissent donc devoir être revisées. L'évaporation des eaux mères ne permet qu'une récupération insignifiante, négligeable même pour une analyse précise. Dans un seul cas, la méthode est en défaut, celui des très basses teneurs en silicium, 0,01 environ. Il est alors indispensable de procéder à une évaporation selon la technique habituelle.

Le succès obtenu en suivant ce mode opératoire porte à croire exacte l'observation de Jaboulay, d'après laquelle les résultats déficitaires obtenus ordinairement tiennent, non pas à une insolubilisation incomplète, mais à la redissolution d'un peu de silice sous l'effet de l'acide chlorhydrique concentré employé pour favoriser la redissolution du résidu de l'évaporation. Ici cette action est évitée et des résultats corrects sont obtenus d'emblée.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Les faisceaux de la plantule de* Mercurialis annua *comparés à ceux des plantules de Gymnospermes*. Note de M. **Édouard Boureau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que l'appareil conducteur des jeunes plantules de Gymnospermes (*Libocedrus*, *Thuya*, *Pinus* etc.) présente un aspect très particulier vers le milieu ou la base de l'hypocotyle. Jusqu'à ce niveau ([1]), l'accélération basifuge se manifeste par une différenciation intense des éléments du xylème avec des résorptions relativement peu marquées. Au-dessus, la disparition par résorption des vaisseaux primitifs est très nette et la portion lignifiée du cylindre central est beaucoup moins étendue ([2]). Cette région bien particulière, où le développement du tissu lignifié est maximum, est carcatérisée extérieurement par un renflement très net de l'hypocotyle ([3]).

Dans une plantule assez âgée de Mercuriale, ([4]), à un tel niveau, on voit coexister dans les deux convergents, des éléments centripètes en voie de résorption qui prolongent ceux de la racine (Xa), des éléments intermédiaires (Xi) et des vaisseaux de xylène superposés répartis en quatre faisceaux (Xs+1). De nouveaux éléments centrifuges apparaissent ensuite, allant de l'un à l'autre des quatre faisceaux, dans le même convergent (Xs+2) et de convergent à convergent (Xs3). *Les deux faisceaux annulaires ainsi formés sont des faisceaux pseudoexcentriques* (Xa + Xi + Xs+1 + Xs+2) tout à fait comparables à ceux que nons avons déjà décrits chez le *Libocedrus*. A un niveau plus élevé dans les convergents; la forme pseudoexentrique disparaît, et l'on observe en coupe transversale quatre faisceaux libéro-ligneux distincts (Xs+1) qui pénètrent par deux dans chacun des deux cotylédons. Les éléments centrifuges (Xs+2) qui contribuent à donner aux deux faisceaux leur forme tubulaire n'existant pas à un niveau plus élevé, il en résulte que quatre faisceaux libéro-ligneux du cylindre central sont isolés (Xs+1) au moment où ils pénètrent dans les cotylédons ([5]). Dans la Mercuriale, la forme pseudoexcentrique complète est de très courte durée, et la structure figurée ci-après représente une phase bien particulière de l'évolution de son appareil conducteur. *Pour la mettre en évidence, il faut rechercher* avec précision le *niveau* à observer et *l'âge* de la plantule. *On ne saurait voir, d'autre part, dans ce faisceau pseudoexcentrique de la Mercuriale, un rappel de la structure* rhyniale. Son processus de différenciation

---

([1]) Éd. Boureau, *Ann. Sc. Nat.*, 2e série, 1939, 1, *fig.* 38, pp. 73-94.

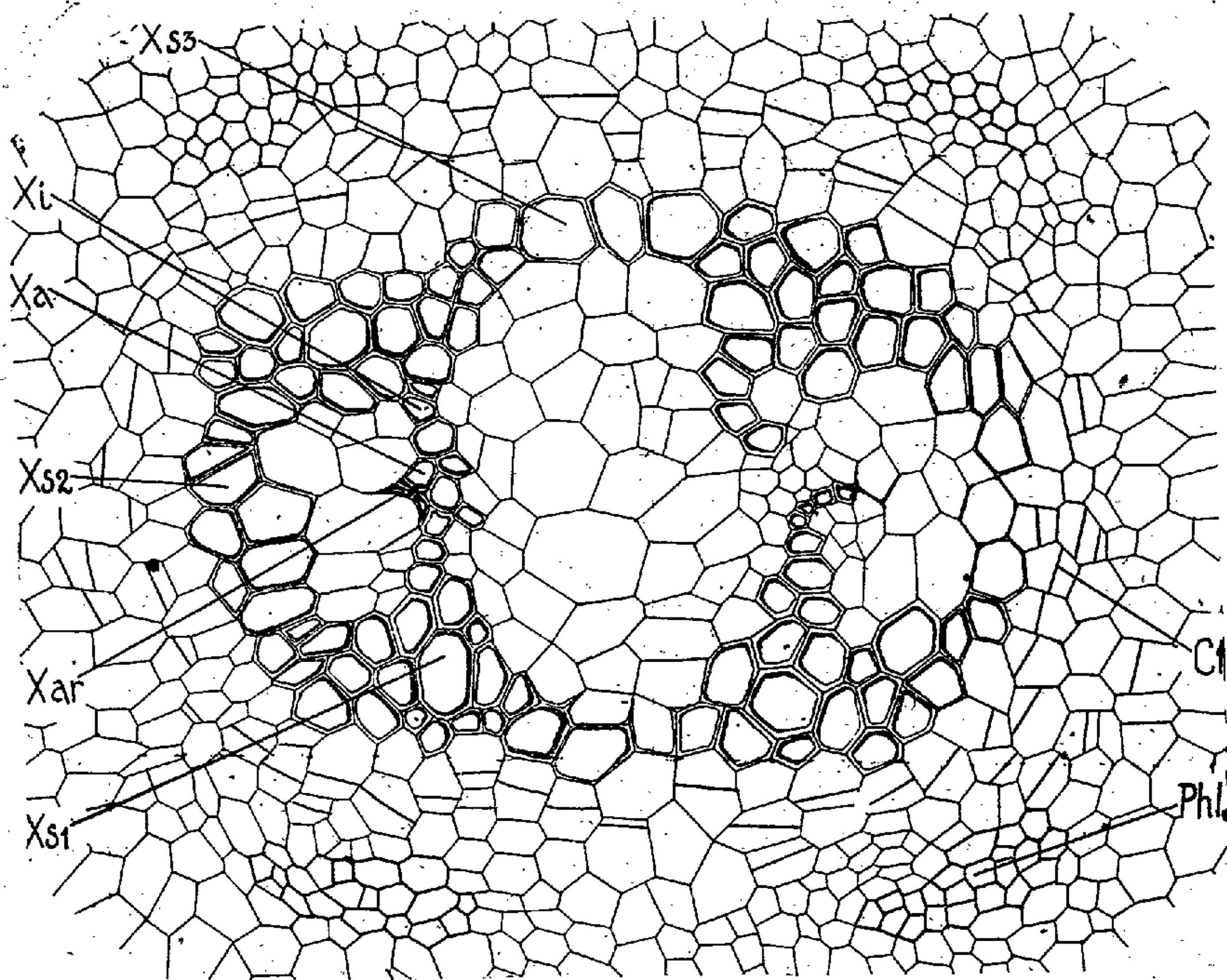
([2]) *Loc. cit.*, *fig.* 39, pp. 40, 41, 74.

([3]) *Loc. cit.*, *fig.* 35.

([4]) Cette espèce a déjà été l'objet d'études nombreuses et détaillées de la part de MM. Becquerel, Bouvrain, Bugnon, Chauveaud etc.

([5]) Ils font suite dans le cotylédon même de cette plantule déjà âgée à des vaisseaux alternes disparus (G. Chauveaud).

s'y oppose. Il est comparable à celui de la plantule des Gymnospermes et il appartient au deuxième cycle de l'évolution vasculaire. En effet, nous avons montré que, dans le faisceau pseudoexcentrique de l'hypocotyle du *Libocedrus decurrens*, les faisceaux alternes primitifs plus ou moins résorbés sont diamétralement opposés aux faisceaux superposés les plus récents et séparés d'eux par une plage de parenchyme assez étendue (⁶). Dans d'autres plantules, comme par exemple celles de *Cupressus sempervirens*, la plage parenchymateuse est plus réduite et occupe une surface sensiblement égale à la section transversale de



Mercurialis annua. — Portion de la coupe transversale de l'hypocotyle. Xar. : xylème alterne en voie de disparition. — Xa. : xylème alterne. — Xi. : xylème intermédiaire. — Xs1., Xs2., Xs3. : xylème superposé. — Phl. : phloème. — Cl. : cloisonnements secondaires.

deux des vaisseaux du xylène voisin (⁷). Dans ces espèces les vaisseaux centrifuges les plus récents se différencient à l'*emplacement même* des vaisseaux les plus primitifs, peu de temps après leur disparition par résorption. Il arrive même que le vaisseau centripète résorbé se trouve remplacé par une file de cellules parenchymateuses transformée peu après en un vaisseau centrifuge. Dans les espèces encore plus évoluées, on peut observer *de tels vaisseaux, contigus, mais appartenant à des phases différentes de l'évolution vasculaire.* Une telle contiguïté d'éléments d'origine distincte est d'ailleurs très fréquente.

(⁶) *Loc. cit., fig.* 40.
(⁷) *Loc. cit., fig.* 98.

C'est ainsi que dans *Pinus pinea* ([8]), en examinant une coupe transversale de l'hypocotyle, on passe d'un vaisseau alterne bien différencié à un vaisseau alterne plus primitif en voie de résorption et, de ce dernier, à un vaisseau superposé indirect centrifuge très évolué.

Cette observation a une importance capitale, car elle s'applique également à l'interprétation du système vasculaire des Dicotylédones. Mais elle n'intéresse que la structure de plantules déjà évoluées. Elle peut avoir une certaine conséquence dans l'interprétation de la phylogénie des plantes vasculaires.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'obtention de mutations géantes chez diverses espèces végétales après traitement à la colchicine.* Note de MM. **Marc Simonet** et **Robert Chopinet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Poursuivant nos travaux sur le gigantisme expérimental chez les végétaux, provoqué après application de colchicine, nous avons obtenu, au cours de l'année 1941 et du printemps 1942, un certain nombre de variations tétraploïdes. Le choix de notre matériel, cultivé au jardin Thuret, a porté sur des espèces intéressantes à des titres divers, d'une part, des légumes, Choux de Bruxelles, Choux-fleurs, Choux-raves, Choux de Milan (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* D. C.; var. *Botrytis* L.; var. *gongyloïdes* L. et var. *Sabauda* L., Tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill.); d'autre part, des plantes ornementales par leurs fleurs, *Iberis gibraltarica* L., *Linum perenne* L. (var. *austriacum* Schiede), *Lobelia syphilitica* L. et *Nierembergia frutescens* Dur.

Les plantes ont été traitées de la manière habituelle, déjà décrite ([1]), en remplaçant toutefois la gelée tiède d'agar-agar par une solution sirupeuse de méthylcellulose à 2 % ([2]); ce qui est une simplification de la technique précédemment préconisée : la dissolution s'obtient directement, en faisant tremper, quelques heures à l'avance, le produit dans la solution de colchicine titrée; en outre, elle permet de badigeonner à froid les jeunes plantules à traiter.

La recherche des variations polyploïdes a été faite par l'étude microscopique du pollen, en notant que chez les mutants tétraploïdes, par exemple, les grains sont plus gros, doubles en volume de ceux des plantes témoins diploïdes non traitées.

Le contrôle caryologique qui a suivi permit de vérifier ce premier examen; dans chaque lot, sur cent plantes traitées, la polyploïdie a été observée dans les proportions suivantes : 2 Choux de Bruxelles (Demi-nain de la Halle), 2 Choux de Milan (Très hâtif, de la Saint-Jean), 3 Choux-fleurs (Géant de

---

([8]) *Loc. cit.*, *fig.* 76.

([1]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 18-20.

([2]) Concentration suffisante pour obtenir une évaporation très lente de la préparation et, par suite, un contact plus prolongé du principe actif.

Naples, hâtif, à pied court), 10 Choux-raves (blanc, hâtif, de Vienne), 8 Iberis, 2 Lins, 24 *Lobelia*, 28 *Nierembergia*, 7 Tomates Antiboise et 14 Tomates Joffre.

Tous les mutants notés sont tétraploïdes avec les formules chromosomiques ci-après : $n = 18$ *Brassica oleracea* L. var. *Sabauda* L., var. *gemmifera* D. C., var. *Botrytis* L. et var. *gongyloïdes* L. ; $n = 14$ *Iberis gibraltarica* L. ([3]); $n = 14$ *Linum* (var. *austriacum* Schiepe) L. ; $n = 14$ *Lobelia syphilitica* L. ; $n = 24$ *Lycopersicum esculentum* Mill. et $n = 12$ *Nierembergia frutescens* Dur., alors que les types dont ils sont issus ont respectivement $n = 9$, $n = 7$, $n = 9$, $n = 7$, $n = 12$ et $n = 9$.

Les observations actuelles confirment nos études précédentes, en ce sens que chez tous ces autopolyploïdes, il existe, à la métaphase hétérotypique, parmi les gémini, quelques éléments uni-, tri- et tétravalents; aussi l'anaphase hétérotypique présente-t-elle parfois des anomalies dans la disjonction des chromosomes (éléments retardataires ou univalents se divisant une première fois comme chez les *Brassica*). Il en résulte que, à la division homéotypique qui suit, on note souvent une répartition irrégulière des chromosomes, laquelle aboutit bien à la formation de deux plaques équatoriales, mais celles-ci contiennent assez fréquemment des nombres inégaux de chromosomes et même quelques éléments surnuméraires (*Brassica*). En outre les tétrades formées présentent des anomalies et le pollen ne contient plus que 75 à 80 % de grains bien conformés; ces variations tétraploïdes ne sont donc que partiellement fertiles.

Le gigantisme des mutants est parfois difficilement appréciable dès la première année, surtout en culture en pot; cependant, toutes les parties florales et les graines de ces nouveaux tétraploïdes sont régulièrement plus grandes que celles des plantes témoins.

Signalons que nous avons également isolé des variations à grains de pollen géants chez un certain nombre de plantes traitées préalablement à la colchicine ([4]), *Agathea cœlestis* Cass. ; *Chrysanthemum frutescens* L. (= *Anthemis frutescens* Hort.); (*b*) *Calendula suffruticosa* Vahl.; *Pentstemon Hartwegii* Benth. var. *grandiflorus* Hort. ; (*b*) *Linum narbonense* L., (*b*) *Medicago sativa* L. (Luzerne de Provence); (*b*) *Onobrychis sativa* Lam. ; (*d*) *Rosa polyantha* Sieb. et Zucc. var. *Holstein* Hort. ; (*c*) *Salvia sclarea* L. ; (*a*) *Sinapis alba* L. et *Tetragonia expensa* Murr.

Le contrôle caryologique de toutes ces mutations n'a pu encore être matériellement effectué, mais, les caractéristiques des pollens étant exactement semblables à celles des variations tétraploïdes, il y a tout lieu de considérer que leur formule chromosomique a été modifiée dans le même sens.

Outre la valeur pratique que pourront présenter ces vingt nouvelles varia-

---

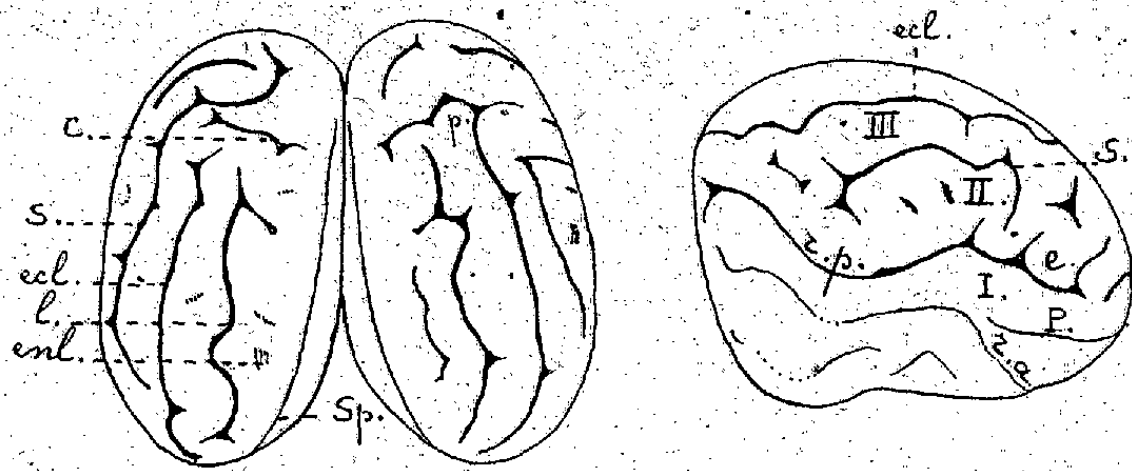
([3]) En collaboration avec M. A. Fardy.

([4]) Avec la collaboration de M[lle] G. Luzzatto (*a*), de MM. L. Blondel (*b*), J. Boucher (*c*) et L. Tranchet (*d*).

tions tétraploïdes, il résulte de nos recherches que l'action de la colchicine ne semble pas limitative chez les plantes dicotylédones qui, comme dans le cas présent, appartiennent à dix familles très diverses. Seule l'activité de la colchicine peut montrer des variations notables suivant le degré de sensibilité des espèces étudiées, mais pratiquement, en ce qui concerne l'obtention de plantes polyploïdes, ce n'est souvent qu'une simple question de technique, les différences observées dépendant, dans la plupart des cas, de la concentration de la solution à employer, du nombre de traitements à effectuer et du pourcentage des mutants réalisés. C'est ainsi que, chez les Rosacées, pour les Roses nous n'avons obtenu que 1 % de mutants après trois ou quatre traitements avec une solution à 2 % de colchicine, tandis que, chez les Crucifères, pour le Colza nous avons trouvé jusqu'à 30 % de mutants après un ou deux traitements avec une solution titrée seulement à 1 %. Ainsi la colchicine apparaît être de plus en plus un agent pratiquement fidèle pour provoquer la polyploïdie expérimentale.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le télencéphale du Tapir; son interprétation par l'étude d'un stade embryonnaire.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Charles Pérez.

Le cerveau du Tapir n'a fait l'objet que d'observations sommaires, déjà anciennes (J. Krueg, 1878; M. Holl, 1900; G. Elliot Smith, 1902); il est très difficile à interpréter. L'étude de plusieurs cerveaux adultes, éclairée par



Télencéphale de *Tapirus americanus* Briss. fœtus (longueur du fœtus, de l'extrémité du proboscis à l'origine de la queue, en passant par la courbure dorsale, 370^{mm}). Coll. Anat. comp. Muséum. *A gauche*, face supérieure; *à droite*, face latérale droite. Les bulbes olfactifs n'ont pas été représentés. — *r. a.*, scissure rhinale antérieure; *r. p.*, scissure rhinale postérieure; *e*, *ectosylvia*; P, *præsylvia*; S, *suprasylvia*; *l*, latéral; *enl*, entolatéral; *ecl*, ectolatéral; *c*, coronal; S*p*, splénial (sillon de la face mésiale visible, ici, par suite de l'écartement exagéré des hémisphères). I, *gyrus arcuatus* I; II, *gyrus arcuatus* II; III, *gyrus arcuatus* III; *p*, pli de passage profond. A ce stade de développement, il existe déjà une légère operculisation, à la fois néopalléale et rhinencéphalique, mais beaucoup moins profonde que chez l'adulte. — Grandeur naturelle.

celle d'un stade de l'évolution ontogénique, m'a permis d'établir que le télencéphale de cet Ongulé périssodactyle, archaïque à beaucoup d'égards, est marqué par les caractères fondamentaux suivants :

1° Sa grande hauteur relativement à sa longueur, exception remarquable parmi les Ongulés, dont le télencéphale est, en général, allongé.

2° Le grand développement du rhinencéphale qui dépasse, de beaucoup, celui qu'on observe chez les Équidés et les Ongulés artiodactyles où, cependant, il atteint une importance considérable. Ce caractère est directement en rapport avec le grand développement de l'olfaction; chez le fœtus étudié, il est encore plus manifeste que chez l'adulte, le rhinencéphale étant à peu près visible en totalité, alors qu'il s'operculise dans la suite du développement.

3° Au niveau du neopallium, la position du *sulcus lateralis* était restée, jusqu'ici, imprécise. L'examen du fœtus m'a permis de fixer sa position et de constater une largeur exceptionnelle au *gyrus arcuatus* III, celui-ci étant subdivisé en deux étages par un ectolatéral ramifié. Chez l'Hippopotame au contraire, parmi les Artiodactyles, c'est, comme je l'ai montré (1937), le *gyrus arcuatus* II qui prend un grand développement.

4° Une operculisation marquée portant, à la fois, sur le neopallium (*gyrus arcuatus* I) et sur le rhinencéphale (lobe piriforme). Ce processus est, d'ailleurs, la règle chez les Périssodactyles et chez les Cétacés, qui dérivent de ces derniers. Chez les autres Mammifères, s'il y a une operculisation cérébrale, elle est, au contraire, à quelques rares exceptions près (Girafe), uniquement néopalléale.

En résumé, par son mode d'operculisation et le grand développement du *gyrus arcuatus* III, le télencéphale du Tapir est typiquement celui d'un Ongulé périssodactyle. Il se différencie toutefois du télencéphale des Équidés, seul bien connu jusqu'ici (R. Anthony et J. de Grzybowski, 1931) par sa grande hauteur, l'extension plus considérable du rhinencéphale, la présence d'un coronal très net et l'absence de crucial. Chez le Cheval, au contraire, on constate un crucial développé et un coronal réduit.

GÉNÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Développement de la taille de l'œil chez le mutant* Bar *de la Drosophile : développement larvaire du disque imaginal.* Note de M. Simon Chevais et Mlle Madeleine Lecordier, présentée par M. Maurice Caullery.

De l'ensemble des travaux traitant du développement larvaire du disque imaginal de l'œil de *Drosophila melanogaster*, il ressort que l'on sait que la constitution génétique peut influencer la taille et la croissance de ce disque, en réduisant sa taille, par exemple (comme dans le cas du mutant *Bar*), mais que sa structure histologique est encore incertaine (¹). Nous avons repris cette étude chez le type sauvage et le mutant *Bar*; il nous intéressait de savoir quel

(¹) Bibliographie dans A. G. Steinberg, *Genetics*, 26, 1941, pp. 325-346.

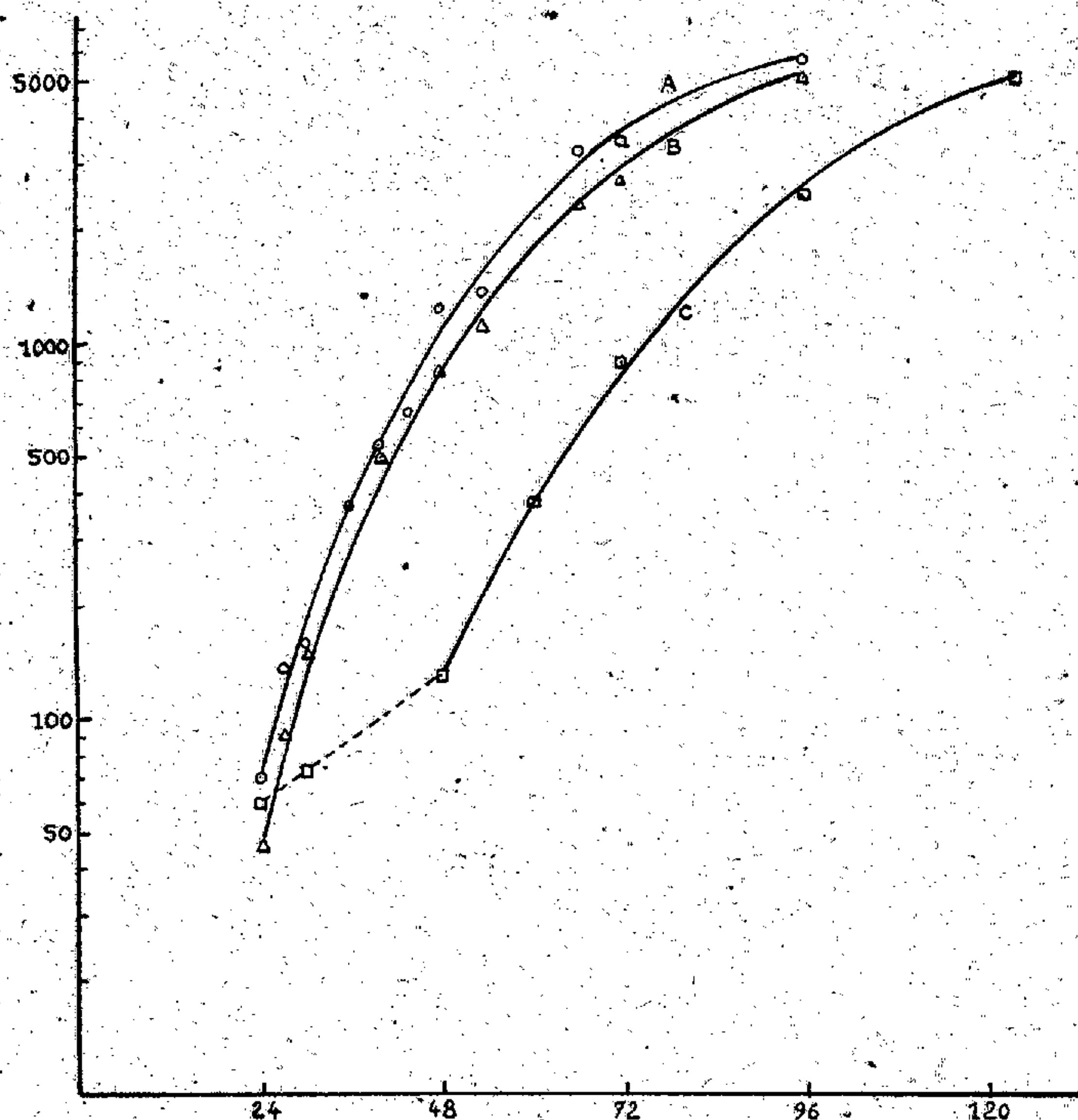
en était le comportement exact au cours de la vie larvaire, et s'il s'y trouvait des périodes spécialisées pour la croissance du nombre des cellules. Nous voulions voir aussi si l'effet de l'extrait de *Calliphora* sur le nombre des ommatidies de l'œil ([2]) se traduit par une modification du disque larvaire.

Les techniques d'élevage, de mesure des surfaces, de fixation et de coloration seront décrites ailleurs. Les temps sont notés depuis l'éclosion des larves (pupaison à 96 heures). La température était de 25°.

Surface des disques.

	♂♂ *Bar.*			♂♂ sauvage.			
Milieu.	*n.*	Nombre d'ommatidies.	Surface des disques.	*n.*	Nombre d'ommatidies.	Surface des disques.	Rapport sauvage sur *Bar.*
Témoins......	21	79,6	159	18	653,0	245	1,54
Extrait 10 %.	25	278,9	170	26	675,1	264	1,55
» 15 %.	16	385,6	169	26	667,4	226	1,34

On voit, d'une part, que la surface des disques sauvages est plus grande que celle des disques *Bar*; d'autre part, que, ni les uns ni les autres ne sont affectés par l'adjonction de l'extrait au milieu, alors que le nombre d'ommatidies est fortement augmenté par celle-ci dans les yeux *Bar*.



Histologie des disques imaginaux. — La courbe ci-dessus donne le nombre de cellules des disques (sexes mélangés), en fonction de l'âge des larves sauvages, *Bar* témoins et *Bar* traités par l'extrait (voir *fig.*). Ce nombre comprend

l'ensemble des disques oculaire et antennaire, la plupart du temps non délimitables sur les coupes. On voit que, à part un retard dans le développement, chez les *Bar* traités, déjà constaté ([2]), les trois courbes sont parallèles. Les deux séries *Bar* ont, retard mis à part, le même nombre de cellules, inférieur au moment de la pupaison, à celui des disques sauvages de 600 unités environ. D'autre part, à aucun moment, il n'a été possible de distinguer, dans l'arrangement des cellules, une disposition caractéristique des futures ommatidies. Les disques sont identiques, comme structure, à ceux des pattes ou des ailes.

Il apparaît donc que la surface des disques est sous la dépendance de la constitution génétique des mouches, que des surfaces ou des nombres de cellules égaux peuvent correspondre à des nombres d'ommatidies différents, et que la différenciation des cellules en ommatidies ne se fait qu'au cours de la vie pupale.

MICROBIOLOGIE. — *Remarques sur l'influence de l'oxygène dans la fermentation du jus de choucroute.* Note ([1]) de MM. **Auguste Sartory, Benoit Wurtz** et **Fawzi Hanna Moussa**.

Les problèmes de la microbiologie englobent un domaine particulièrement étendu qu'il est possible d'explorer sous les angles les plus variés. C'est dans un but essentiellement pratique que nous avons entrepris de suivre les phénomènes biochimiques qui se déroulent dans la fabrication et plus particulièrement dans le vieillissement de la choucroute.

Il n'est pas sans intérêt en effet, en considération des difficultés de ravitaillement, de chercher à obtenir le meilleur rendement des aliments qui nous sont offerts. Or parmi ceux-ci, l'usage de la choucroute s'est assez considérablement généralisé pour que l'on s'arrête quelque peu à étudier sa valeur nutritive.

La choucroute résulte de l'action d'un certain nombre de microorganismes sur la cellulose du chou. Celle-ci se décompose en donnant naissance à une série d'intermédiaires dont les plus importants sont des hexoses (glucose et lévulose) et de l'acide lactique. L'ensemble des opérations caractérise la fermentation lactique. C'est l'évolution de ces composés, au fur et à mesure que la fermentation se poursuit, qui fait l'objet de cette étude. La détermination de leur taux, dans la macération de choucroute, dans laquelle ils passent en solution, nous renseigne sur la succession des opérations. En effet l'acide lactique tire son origine d'un hexose, qui lui-même ne peut provenir que d'une

([2]) S. Chevais, *Bull. Biol.*, 76, 1942, pp. 142-158.

([1]) Séance du 8 juin 1942.

seule source carbonée initiale, la cellulose du chou. Or, comparant la valeur nutritive de ces trois composés, il est évident que le plus profitable à l'organisme humain est le glucide immédiatement assimilable, qui résulte de la décomposition de la molécule complexe de cellulose. Celle-ci, bien que possédant une certaine valeur alimentaire ne saurait être absorbée telle quelle et doit subir au préalable une décomposition qui ne va pas sans déchet.

Quant à l'acide lactique, il représente déjà un terme de dégradation de l'hexose, et sa valeur alimentaire ne saurait être mise en parallèle avec celle de son générateur.

Il était donc indiqué de rechercher les conditions dans lesquelles se forment les hexoses et surtout de suivre la variation de leur taux au cours de la fermentation. Voici ce que nous avons constaté. Nous récoltons stérilement le jus d'une choucroute mise en fermentation depuis trois mois, et journellement nous dosons les sucres réducteurs se trouvant dans la solution. Précisons que celle-ci renferme encore des débris importants de cellulose. Une portion du même jus est conservée dans un ballon auquel nous ne touchons pas et qui servira de témoin. Le taux initial en sucres réducteurs de 25^g par litre passe, après un jour, à 28; après un deuxième jour à 28,7 et atteint un maximum de 29,4 $^0/_{00}$ au bout de 12 jours. Puis il décroît assez rapidement pour tomber à zéro après 20 jours. Or, constatation essentielle, le taux de sucre du ballon témoin n'a pas varié au cours de ce temps, il est resté égal à 25 $^0/_0$. En répétant cette expérience avec un échantillon âgé de six mois, puis un autre de sept mois, nous refaisons les mêmes observations : alors que les sucres réducteurs du ballon soumis à l'analyse quotidienne augmentent, passent par un maximum et tendent vers zéro au bout d'un laps de temps relativement court, ceux des ballons témoins ne subissent pratiquement aucune variation. Voici l'hypothèse que nous proposons pour expliquer cette différence de comportement. Les jus sur lesquels se font les prélèvements quotidiens sont soumis à une aération à laquelle les ballons témoins échappent. L'introduction d'oxygène favorise le développement de certains microorganismes qui attaqueraient très activement les débris de cellulose subsistant encore et ceci, fait important dans les conditions spéciales de pH où se trouve la macération déjà âgée. En effet, à côté du sucre elle renferme une quantité notable d'acide lactique dont l'évolution est parallèle à celle des sucres, ainsi que nous l'ont montré les courbes établies pour la variation du taux de ces deux constituants. Mais, en même temps que les organismes s'attaquant à la cellulose se développent toujours, grâce à la présence suffisante d'oxygéne, ceux qui vivent aux dépens du sucre et qui sont responsables de la production d'acide lactique, *Bacillus acidi lactici* et Colibacille entre autres. Sous l'influence de ces agents, à un moment donné, la production de sucre est compensée par sa décomposition en acide lactique, puis celle-ci l'emporte et la chute du taux de sucre s'amorce pour tomber à zéro, lorsque toute réserve de cellulose est épuisée.

L'influence de l'oxygène sur les conditions d'existence de certains microorganismes se répercute ainsi dans la nature des produits élaborés au cours de la fermentation. Ce fait n'a rien d'étonnant et se trouve confirmé par l'observation suivante. Une macération âgée de trois mois, recueillie stérilement, est abandonnée dans un ballon hermétiquement bouché. Il se forme un voile à la surface du liquide. Examiné au microscope au bout de deux mois environ, il se montre constitué par des levures, mais présente en plus une particularité remarquable : sur les bords du récipient, il englobe des cristaux orthorhombiques agglomérés radiés, présentant tous les caractères microscopiques des cristaux de mannitol. L'explication que l'on peut imaginer fait appel au même facteur que précédemment : en l'absence d'oxygène se développe le ferment mannitique, qui s'attaque au glucose (ainsi que l'ont montré Gayon et Dubourg) pour le transformer en mannitol.

Le rôle de l'oxygène paraît donc primordial dans le vieillissement du produit de fermentation et, au point de vue pratique, il appelle les conclusions suivantes. Pour obtenir le meilleur rendement alimentaire de la choucroute, il importe de consommer celle-ci lorsqu'elle renferme un taux de sucre maximum. Cette valeur est atteinte en moyenne après une douzaine de jours, lorsque le produit est soumis à une aération suffisante pour permettre le développement des microorganismes s'attaquant activement à la cellulose. Ce temps est valable pour le produit commercial courant, prêt à être consommé. Il importe de ne pas le dépasser, car le taux de sucre baisse très rapidement après avoir atteint son maximum. Enfin, en raison de la teneur assez importante du jus de choucroute en sucres, les consommateurs ont tout intérêt à ne pas le jeter, contrairement à la pratique courante.

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 mars 1942.)

Note de MM. *André Chrétien* et *Yves Longi*, Sur la réduction de l'azotate de sodium par le calcium :

Page 669, ligne 8 en descendant, *au lieu de* (1), *lire* (2) et ajouter en bas de page, (2) *Ann. de Chimie*, 11e série, 8, 1937, pp. 56 à 88.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JUIN 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL dépose sur le bureau de l'Académie un Ouvrage de M. LOUIS DE LAUNAY, adressé par Mme *Louis de Launay*, intitulé *Orphée*, poème avec une préface par SULLY-PRUDHOMME. Illustrations de MAURICE DENIS gravées sur Bois par J. BELTRAND.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un arbuste fruitier, intéressant à cultiver en France, le* Prunus tomentosa *Thunb.* Note de M. AUGUSTE CHEVALIER.

Il y a environ douze ans, un ancien Consul de France en Chine nous apporta quelques jeunes plants d'un arbuste qu'il avait rapporté de Corée quelques années plus tôt et planté dans son parc aux environs de Paris, où cet arbuste fructifiait et même se ressemait spontanément. Nous les plantâmes dans un jardin que nous possédons à Chaponval, près Pontoise, dans un terrain rocailleux, quasi stérile, sur calcaire grossier (teneur en calcaire 10 à 15 %). Ils fleurirent au bout de trois ou quatre ans et donnèrent quelques fruits qui mûrirent, et nous pûmes alors rapporter la plante à l'espèce *Prunus tomentosa* Thunb. de la Chine et du Japon, où la plante est parfois spontanée et souvent aussi cultivée dans les jardins. Le fruit subglobuleux, finement velu dans le jeune âge, presque glabre à l'état adulte, très charnu et d'un rouge vermillon à maturité, rappelle par son aspect la cerise de nos bois, mais sa chair est peu acide, de saveur douce, sucrée, et la drupe est portée sur un pédicelle très court. Il est parfaitement comestible et l'on peut en faire des confitures. L'arbuste atteint 1^{m} à 1^{m},50 de haut. Il est très buissonneux, à rameaux latéraux retombants jusqu'au sol; le port et l'aspect, surtout quand il est en fruits mûrs, est celui d'un caféier d'Arabie. La plante se distingue des cerisiers proprement dits et aussi des vrais pruniers. On en a fait une section à part du genre *Prunus*, nommée *Microcerasus* Spach, puis *Trichocerasus* Koehne.

Cette section comprend l'unique espèce *P. tomentosa* Thunb., largement dispersée en Asie centrale et boréo-orientale. Elle est particulièrement abondante dans les régions montagneuses de la Chine et y est connue sous le nom chinois

de *Haÿ lÿ cûl* (d'après le R. P. Farges), et elle s'y élève jusqu'à 2000^{m} ou 2500^{m} d'altitude. La plante est très variable. En Chine seulement, Koehne distingue huit variétés spontanées. Au Japon et dans l'Est et le Nord de la Chine, il existe aussi des variétés cultivées, soit comme plantes d'ornement (l'arbuste en fleurs au premier printemps est d'un blanc de neige et donne tous les ans une floraison abondante), soit comme arbustes fruitiers.

En feuilletant l'herbier général du Muséum, il nous a été possible d'établir l'aire occupée par l'espèce à l'état spontané. Cette aire est très vaste et comprend de l'Est à l'Ouest : le Japon, où la plante est spontanée et cultivée, le Mandchouko et tout le Nord de la Chine, les environs de Pékin (R. P. David), le Kansu (R. P. Farges), le Chensi oriental (R. P. Licent), la Corée, Tatsien (Potanin), le Schen-si (J. Giraldi), le Hupeh (Wilson), le Yunnan (Delavay), le Thibet oriental, le Haut Mékong (Soulié), le Thibet occidental (Moorcroft, Forest), le Turkestan chinois (Chaffanjon), le Nord-Ouest de l'Himalaya et le Cachemire (Thompson). L'espèce a été introduite depuis un siècle environ en divers jardins botaniques et arboretums d'Europe, mais elle est encore rare dans les collections de plantes vivantes de l'Europe occidentale.

A Chaponval, dans la vallée de l'Oise, elle a remarquablement réussi sur le coteau calcaire exposé au midi où nous la cultivons. Elle n'a pas souffert des derniers hivers pourtant fort rigoureux; elle ne souffre pas non plus des étés à sécheresse intense. Du reste nos divers Pruniers indigènes s'accommodent fort bien de ces coteaux sur calcaire grossier.

Le *Prunus tomentosa* perd ses feuilles en automne; il se couvre abondamment de fleurs blanches inodores, au début de mars, à mesure que les jeunes feuilles s'épanouissent; celles-ci sont ovales, denticulées, tomenteuses en dessous, plissées suivant les nervures secondaires; les jeunes pousses et les pédicelles sont velus. Les fruits s'insèrent par 1, 2 ou 3 à chaque nœud; les pédicelles très courts (3 à 6^{mm}) sont ainsi très rapprochés, sans être pourtant en ombelles. La maturité arrive du 20 juin au 1er juillet; les drupes sont alors d'un beau rouge-cerise, subsphériques, ombiliquées aux deux extrémités; quelques poils roux subsistent autour de l'ombilic supérieur; le diamètre du fruit mûr est de 10 à 12^{mm} de haut sur 12 à 15^{mm} de diamètre transversal (taille d'une petite cerise); sous un exocarpe membraneux mince se trouve la pulpe (mésocarpe), de saveur douce, un peu sucrée, légèrement acidulée, un peu mucilagineuse et faiblement adhérente au noyau ovoïde, pointu, lisse, de 6 à 8^{mm} de haut sur 5 à 6^{mm} de large; la coque est mince et recouvre une petite amande à tégument couvert de fines émergences glanduleuses.

Chaque fruit à maturité se détache presque spontanément du pédicelle, alors que les cerises et prunes de nos pays y restent adhérentes; il pèse environ 1^{g}; 25 fruits pèsent 25^{g}, dont il faut défalquer 5^{g} de noyaux; la pulpe comestible représente donc les 3/4 ou les 4/5e du poids du fruit. Un litre de fruits contient 550 à 610 petites cerises et pèse de 600 à 650^{g}.

Les quelques arbustes de Chaponval étaient cette année chargés de fruits; chaque plant en portait de 1 à 2^{kg}, et les rameaux latéraux pliaient sous le poids jusqu'à toucher le sol, malgré les prélèvements faits par les oiseaux dès que commence la maturité,

Sans valoir nos cerises améliorées de jardins, les fruits de *Prunus tomentosa* cultivé aux environs de Paris sont certainement utilisables dans l'alimentation. On pourrait sans doute les améliorer par la culture. L'arbuste n'est pas exigeant et peut servir à fixer des talus sur les coteaux arides du Bassin parisien.

M. **Clodomir Houard**, par l'organe de M. **L. Bouvier**, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Les Zoocécidies des Plantes de l'Amérique du Nord : Galles des Chênes.*

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages MM. **R. Bourgeois**, **E. Borel**, **H. Vincent**, **M. Molliard**, **A. Cotton**, **M. Caullery**, **Ch. Jacob** sont désignés pour constituer, avec le Bureau de l'Académie, la Commission du *prix Albert Ier de Monaco*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'État a la Production industrielle** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui occupera dans la *Commission permanente des Recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines* la place vacante par le décès de M. *G. Urbain*.

M. **Georges Poivilliers** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *E. Fichot*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Charles Sannié et D. Guérin. *Éléments de police scientifique* (Fascicules 586, 631, 787 et 882 des *Actualités scientifiques et industrielles*).

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur l'identité des auteurs de quelques articles de Mathématiques, publiés de 1692 à 1703 dans le* Journal des Savants. Note de M. **Pierre Sergescu**, présentée par M. Paul Montel.

Presque tous les articles publiés dans le *Journal des Savants* (cote 74075 à la Bibliothèque Nationale) entre 1665 et 1722 ne sont pas signés. Mais on peut

identifier facilement les auteurs qui faisaient partie de la rédaction, car on connaît leurs rubriques. Par exemple, pour les Mathématiques, Jean Galloys, B. Fontenelle, rédacteurs du Journal, ou bien certains articles de Leibniz, des frères Bernoulli, Cassini, Varignon, Rolle, Ozanam etc., dont les auteurs sont indiqués par quelque mention de la rédaction. Mais il y a bien des articles dont on ne peut découvrir l'auteur. J'ai réussi à identifier quelques auteurs des articles de Mathématiques insérés dans le *Journal des Savants* de 1692 à 1703.

L'auteur qui signe Remi Lochell de Bertam, ou Remi Rochell, ou R. L., est *Michel Rolle* (né à Ambert). Son pseudonyme est l'anagramme de son vrai nom, son style est caractéristique, ainsi que les symboles et les définitions employées. En 1693 (pp. 260-261), il donne une « méthode pour résoudre les égalités ». Il la fait suivre en 1693 (pp. 321-322) par une « méthode pour former les courbes géométriques par le moyen de leurs tangentes », essai de ramener le calcul différentiel à l'algèbre ordinaire et aux méthodes de Fermat, ce qu'il essaye avec plus de force encore en 1695 (pp. 244-249). D'autres articles non signés de Rolle traitent de l'équation $x^3-px-q=0$. En 1694 (pp. 382-384) et en 1698 (pp. 124-128), Rolle établit que, si toutes les racines sont réelles, la racine positive est comprise entre $\sqrt{p/3}$ et $2\sqrt{p/3}$; s'il y a une seule racine réelle, elle est comprise entre $2\sqrt{p/3}$ et l'une des quantités $p+1$ ou $q+1$ (on peut démontrer que la racine est toujours inférieure à $q+1$). En 1703 (pp. 523-528), Rolle (sous la signature M^{xxx}, dévoilée plus tard par Saurin à l'occasion d'une polémique) donne une méthode pour trouver les asymptotes d'une courbe algébrique; on effectue d'abord une rotation des axes afin de trouver la direction asymptotique (qui rend infinie une racine v) et ensuite on déplace l'origine des axes, de sorte qu'une seconde racine v devienne infinie.

En 1703 (pp. 117-121), Pierre Rémond de Montmort donne, sans signer, la rectification de la courbe de De Beaune, et (pp. 137-140) la rectification de la cissoïde. Comme on ne savait pas encore calculer les intégrales des fractions portant sur la racine carrée d'un polynome du second degré, les calculs sont considérés comme achevés au moment où on les réduit à la quadrature d'une hyperbole. De Montmort dit que le problème avait été posé par G. de l'Hôpital dans le *Journal*, en 1692. Or l'article visé par cette indication est signé G^{xxx}.

Ceci m'a permis d'identifier l'auteur : de l'Hôpital, des articles publiés dans le *Journal des Savants* en 1692 (pp. 174-176), (pp. 485-490) et (pp. 490-496). C'est une polémique avec de Catelan, auteur d'une *Science générale des lignes courbes*, livre qui voulait tirer des principes de Descartes et de Fermat les applications du calcul différentiel. De Catelan se défend, également sans signer, dans le *Journal* de 1692 (pp. 375-378 et 417-420).

En 1692 (pp. 401-403), de l'Hôpital donne la solution du problème de Beaune qui a permis de faire l'identification.

Un quatrième mathématicien de la même époque, que l'on peut identifier,

est A. Parent. Il donne en 1699 (pp. 66-70) des remarques sur le mouvement relatif, sous le titre *Sur la coexistence des systèmes de Tycho Brahe et de Copernic*. Aux pages 115-119, il s'occupe du « mouvement d'une courbe plane mue dans un fluide parallèlement à une ligne droite »; aux pages 154-155, il y a une « démonstration de l'équilibre des liqueurs pesantes », basée sur le principe des vases communicants; aux pages 197-200, il s'occupe des chocs en ligne droite, et aux pages 283-287, il décrit des corps réguliers, avec des angles saillants et des angles rentrants qu'on peut former avec les cinq polyèdres réguliers. Ces articles sont signés M^xx^. A partir de 1700, il y a M^xx^ D. L. R. D. S. (de l'Académie Royale des Sciences) ou D. L'A. R. D. S. En 1701 (pp. 260-263), il donne une réfutation générale, intéressante, du mouvement perpétuel. Les deux articles suivants de Parent, de 1701, sont signés; après quoi, il créa pour y publier ses articles, en 1703, la revue *Recherches de mathématiques et de physique*.

MÉCANIQUE. — *Sur un postulat de la statique et sur une extension de la mécanique newtonienne*. Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Albert Caquot.

1. Pour choisir entre plusieurs mouvements analytiquement possibles, on admet en statique que si un élément matériel (P) de masse (m) et de vitesse ($\overline{V}$) est placé sans vitesse dans une position où la force ($\overline{F}$) à laquelle il est soumis est nulle, il demeure en équilibre dans cette position. Il est d'ailleurs nécessaire pour l'application de ce postulat d'ajouter que ($\overline{F}$) doit demeurer nulle quel que soit l'instant considéré. Cette obligation est de celles qui montrent que, pour étudier l'accélération d'un élément matériel, il peut être pratiquement indispensable de considérer non seulement l'état initial, mais les états qui environnent l'état initial. Si $\overline{F}$ et ($n-1$), premiers vecteurs dérivés de $\overline{F}$ par rapport au temps, sont nuls à l'instant initial, mais le $n^{\text{ième}}$ non nul, il est alors indiqué de substituer l'étude de la relation

$$(1) \qquad m\frac{d^n\overline{\gamma}}{dt^n} = \frac{d^n\overline{F}}{dt^n}$$

à celle de la relation fondamentale de la Mécanique newtonienne ($m\overline{\gamma} = \overline{F}$).

Supposons, par exemple, que le vecteur ($\overline{\Phi} = d\overline{F}/dt$) soit différent de zéro à l'instant initial où $\overline{F}$ est nul et soit O l'origine des coordonnées. Les remarques précédentes attirent l'attention sur l'intérêt d'une mécanique newtonienne étendue à l'équation fondamentale

$$(2) \qquad m\frac{d\overline{\gamma}}{dt} = \overline{\Phi}(\overline{OP}, v, \overline{\gamma}, t)$$

lorsqu'on connaît initialement la position, la vitesse et l'accélération de (P).

Si l'on remarque en outre qu'en vertu du principe des conditions initiales de la Mécanique newtonienne, $\overline{F}$ est fonction de $\overline{OP}$, de $\overline{V}$ et de t seulement, les coordonneés de $\overline{\Phi}$ sont nécessairement linéaires par rapport aux coordonnées de $\overline{\gamma}$. Mais il y a lieu de noter que cette circonstance particulière n'intervient pas dans les résultats cinématiques ci-dessous.

2. *Théorème de Coriolis généralisé pour les accélérations secondes.* — Nous désignerons par $(\overline{\delta})$ le vecteur $(d\overline{\gamma}/dt)$ et nous l'appellerons accélération seconde de (P), comme nous appellerons $(\overline{\Phi})$ force seconde et nous utiliserons la notation symbolique d'une Note antérieure [1].

Soient $(\overline{v_a}, \overline{v_r}, \overline{\gamma_a}, \overline{\gamma_r}, \overline{\delta_a}, \overline{\delta_r})$ les vitesses, accélérations et accélérations secondes absolues et relatives de (P), et soient $(\overline{\delta_c})$ l'accélération seconde de l'origine O du trièdre relatif et $(\overline{\omega})$ le vecteur rotation du trièdre relatif par rapport au trièdre absolu; dans les expressions vectorielles $(d\overline{\omega}/dt)$, $(d^2\overline{\omega}/dt^2)$, convenons de considérer les variations, par rapport aux axes relatifs, de ce dernier vecteur $\overline{\omega}$ quand le temps varie.

Le théorème de Coriolis, généralisé pour les accélérations secondes, se traduit par l'égalité

$$\overline{\delta_a} = \overline{\delta_r} + \overline{\delta_c} + 3\left\{\overline{\omega} \wedge (\overline{\gamma_r} + \overline{\omega} \wedge \overline{v_r}) + \frac{d\overline{\omega}}{dt} \wedge \overline{v_r}\right\} \tag{3}$$

et l'expression de $(\overline{\delta_c})$ s'écrit

$$\overline{\delta_c} = \overline{\delta_0} + \frac{d^2\overline{\omega}}{dt^2} \wedge \overline{OP} + \overline{\omega}\left(\frac{d\overline{\omega}}{dt}.\overline{OP}\right) + 2\frac{d\overline{\omega}}{dt}(\overline{\omega}.\overline{OP}) - 3\overline{OP}\left(\overline{\omega}\,\frac{d\overline{\omega}}{dt}\right) - \omega^2(\overline{\omega} \wedge \overline{OP}). \tag{4}$$

3. *Composantes intrinsèques de l'accélération seconde.* — Soient $(\overline{\delta_t}, \overline{\delta_n}, \overline{\delta_b})$ les composantes de l'accélération seconde $(\overline{\delta})$ suivant la tangente, la normale principale et la binormale en (P) à la trajectoire de cet élément matériel

$$\delta_t = \frac{d^2 v}{dt^2} - \frac{v^3}{\rho^2}, \qquad \delta_n = \frac{3v}{\rho}\frac{dv}{dt} - \frac{v^3}{\rho^2}\frac{d\rho}{ds}, \qquad \delta_b = \frac{-v^3}{\rho\tau}. \tag{5}$$

4. *Équations généralisées d'Appell et Lagrange pour un système (S) de position déterminée par des paramètres (q) en nombre fini.* — Soient

$$\left[\mathcal{T} = \sum \frac{1}{2} m v^2, \quad \mathcal{S} = \sum \frac{1}{2} m \gamma^2, \quad \mathcal{R} = \sum \frac{1}{2} m \delta^2\right]$$

les énergies cinétiques, d'accélération et d'accélération seconde du système matériel (S). Limitons-nous au cas d'un système (S) à liaisons holomorphes et soient (A, B, C) les coordonnées de $(\overline{\Phi})$ appliquées à l'élément (P). Les équations du mouvement s'écrivent

$$\frac{\partial \mathcal{R}}{\partial q'''} = \Sigma\left(A\frac{\partial x}{\partial q} + B\frac{\partial y}{\partial q} + C\frac{\partial z}{\partial q}\right) \tag{6}$$

[1] *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1405.

avec

$$\frac{\partial \mathcal{R}}{\partial q'''} = \frac{d}{dt}\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial q''} - \frac{1}{2}\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial q'} \tag{7}$$

et

$$\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial q''} = \frac{d}{dt}\frac{\partial \mathcal{T}}{\partial q'} - \frac{\partial \mathcal{T}}{\partial q}. \tag{8}$$

Il suffit donc de former l'énergie d'accélération pour pouvoir écrire les équations du mouvement dans le cas des systèmes holonomes à K degrés de liberté, dont font notamment partie les systèmes (S′) de solides à liaisons holonomes pour lequel on sait (Note déjà citée) que l'énergie d'accélération, d'une part, satisfait à un théorème de Kœnig quand le mouvement du solide est quelconque, d'autre part, pour chaque solide animé autour d'un point fixé O d'une rotation $(\overline{\omega})$, est donnée par

$$\mathcal{S} = \frac{\omega^2}{2}(\bar{\bar{I}}_0.\overline{\omega}.\overline{\omega}) + \frac{1}{2}\left(\bar{\bar{I}}_0.\frac{d\overline{\omega}}{dt}.\frac{d\overline{\omega}}{dt}\right) + \bar{\bar{I}}_0(\overline{\omega}.\overline{\omega}_1) \tag{9}$$

$\left[\text{avec } \overline{\omega}_1 = \frac{d\overline{\omega}}{dt} \wedge \overline{\omega} \text{ et } \bar{\bar{I}}_0 \text{ tenseur d'inertie relatif au point O}\right]$,

résultats qui permettent de calculer alors aisément l'énergie d'accélération du système (S′) tout entier.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Carte synoptique et nomographique de classification et calcul des caractéristiques et des diagrammes comparés des matériaux simples, composites, isotropes et anisotropes.* Note de M. **Raymond de Fleury**, présentée par M. Albert Caquot.

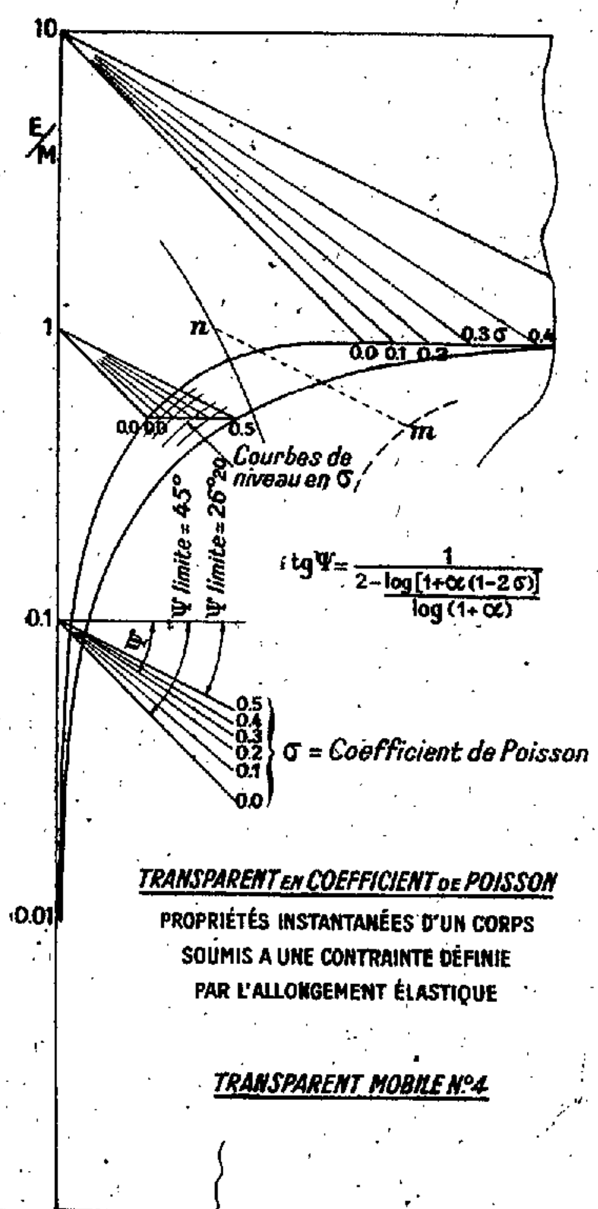
[Cette Note fait suite aux travaux confiés par le Ministère de l'Air et illustre par des exemples la carte définie dans la précédente Note (1)].

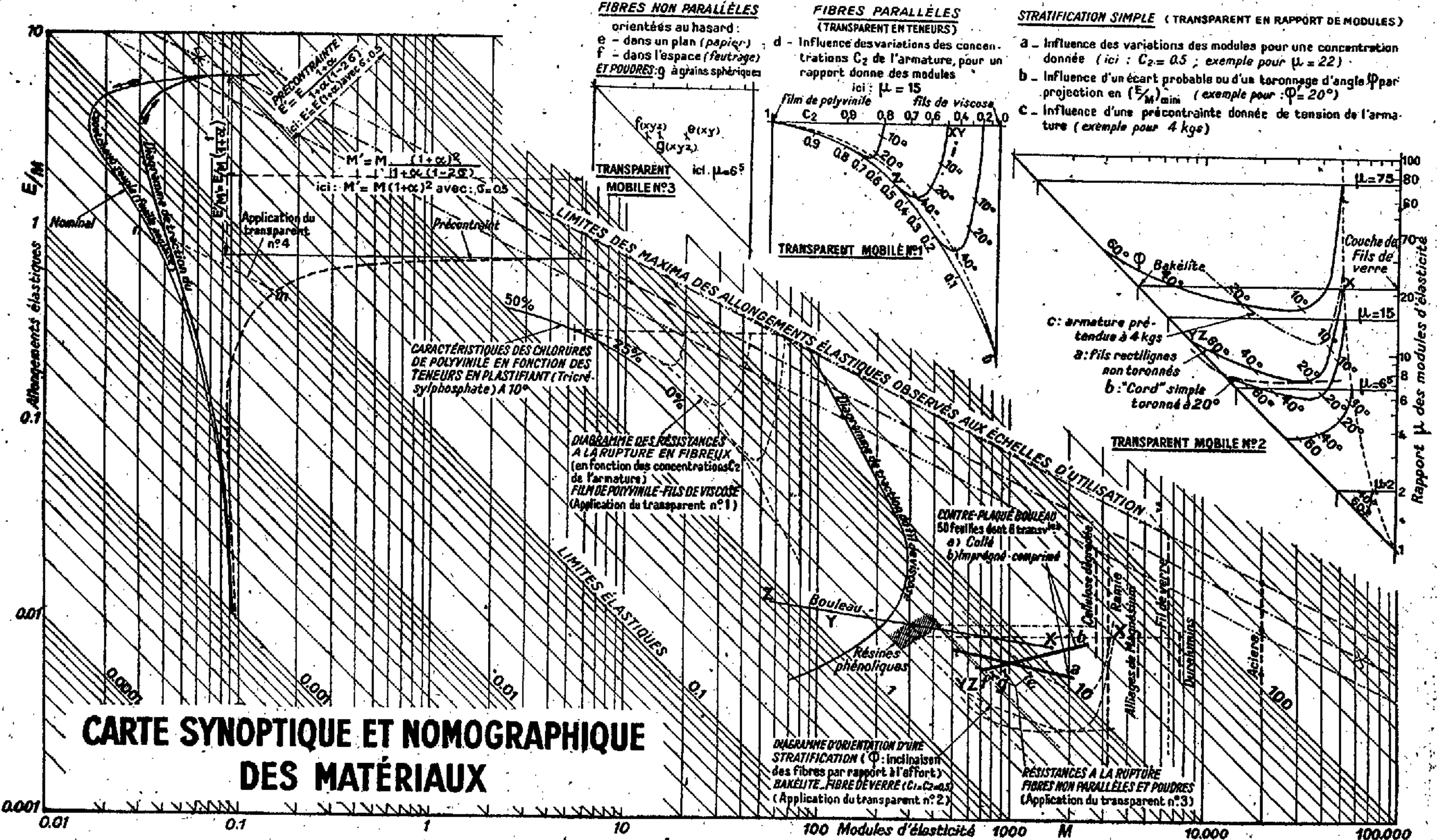
25. *Caoutchouc.* — Le diagramme des tractions et des détentes met en évidence l'hystérésis. Les propriétés ramenées aux unités de section et de longueur actuelles, telles qu'elles interviennent dans un édifice comportant une précontrainte définie par un allongement important (propriétés d'un enroulement de balles de golf, d'un sandow, d'un silentbloc), sont définies par la troisième courbe, figurée dans l'hypothèse de l'incompressibilité (coefficient de Poisson $\sigma = 0,5$) à l'aide du transparent mobile n° 4.

26. *Thermo-plastiques.* — Le diagramme de composition d'un chlorure de polyvinile à 10° serait déplacé par la moindre variation de température.

27. *Viscose.* — Le transparent mobile n° 1, qui traduit les courbes polaires du 16, donne les propriétés en stratification simple d'un composite « film de polyvinile, film de viscose » (rapport de modules $\mu = 15$).

(1) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 712.





CARTE SYNOPTIQUE ET NOMOGRAPHIQUE DES MATÉRIAUX

RÉGLE : *Tous les corps situés sur une même droite de pente (–1/2), parallèle à la droite limite absorbent par unité de volume un nombre de kilogrammètres élastiques égal.*

En effet, ce nombre est proportionnel au produit de l'allongement par l'effort, c'est-à-dire $\left(\frac{E}{M}\right) \times E$ qui peut s'écrire $\left(\frac{E}{M}\right)^2 \times M$. Cette formule serait résolue par simple lecture sur le graphique ci-dessus sur lequel serait figurée une échelle verticale $\left(\frac{E}{M}\right)^2$ moitié de l'échelle verticale actuelle $\left(\frac{E}{M}\right)$.

EXEMPLE : *Sous ce jour, un ressort en caoutchouc pèse près de 8 fois moins qu'un ressort en acier de même puissance, ce qui est conforme à l'expérience.*

Par contre, des ressorts en duralumin, ou en bois, ou en liège, pèseront le même poids que le ressort en acier, les décalages des lignes de pente (–1/2) de ces corps, pris deux à deux, étant égaux à ceux qui mesurent les rapports des densités à l'échelle moitié précitée.

28. *Thermo-durcissables.* — Les résines phénoliques se répartissent dans la zone hachurée. On voit que, malgré une différence de résistance notable entre elles et la viscose par exemple, cette dernière ne peut, aux phénomènes d'adaptation près, servir utilement d'armature, en raison de modules trop voisins, qu'avec des précontraintes.

29. *Fibres végétales.* — Leur haut module permet, vis-à-vis des plastiques, de constituer des armatures efficaces pour des composites.

30. *Fils de verre et métaux.* — Les transparents mobiles n°s 2 et 3 traduisent les courbes polaires des 17, 18 et les intégrations du 19 et sont appliqués : le premier à des composites « bakélite-fil de verre »; le second à des composites « bakélite-feuilles de papier, ou feutrage ou farine de bois ».

31. *Bois naturels, bois comprimés, bois imprégnés et contre-plaqués.* — Les bois présentent dans les sens longitudinal, radial et tangentiel, Ox, Oy, Oz, des propriétés différentes. La particularité d'allongements élastiques supérieurs dans les sens transversaux paraît liée à une nécessité biologique de l'arbre, en ce que les orientations de moindre résistance ne semblent jamais appelées à jouer un rôle limitatif de la sécurité dans les conditions naturelles. Elle disparaît dans les contre-plaqués imprégnés comprimés, ce qui fait ressortir le rôle fondamental de la structure sur le phénomène, qui est lié à une variation d'origine purement structurale du coefficient de Poisson.

32. *Discussion.* — Cette remarque conduit directement à définir et discuter les hypothèses des transparents 1, 2 et 3, à les rectifier et à les réadapter à de nouvelles conditions, en fonction des coefficients de Poisson.

33. *Spécialisations d'emplois et dimensionnements d'organes.* — Le même cadre se prête à la constitution de réseaux séparatifs de zones, par transparents mobiles, les corps se situant par rapport à telle relation fonctionnelle (traction-compression, flexion, flambage ou voilement).

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation des phosphures de cuivre par électrolyse ignée.* Note de M. **Marcel Chêne**, présentée par M. Paul Lebeau.

Un travail d'ensemble sur les composés définis que peuvent donner le cuivre et le phosphore a été publié en 1939 par H. Haraldsen [1]. L'auteur donne la bibliographie des travaux antérieurs et il note l'incertitude des résultats obtenus quant à l'identification des composés définis. Tandis que des phosphures répondant aux formules PCu^3, P^2Cu^5, PCu^2, P^2Cu^3, PCu, P^2Cu avaient été préparés par des réactions chimiques variées, l'étude thermique du système cuivre-phosphore conduisait à admettre l'existence des composés définis PCu^3, P^2Cu^5 et PCu ; d'autres méthodes d'ailleurs ne mettaient en évidence qu'un seul composé, de formule PCu^3. H. Haraldsen prépare des phosphures par synthèse

[1] *Zeits. anorg. Chem.*, 240, 1939, p. 337.

et il mesure les pressions de la vapeur de phosphore qu'ils émettent à différentes températures; ces déterminations, complétées par des recherches radiographiques, indiquent l'existence de deux composés définis seulement, de formule PCu^3 et P^2Cu.

Pour obtenir les phosphures de cuivre, j'ai appliqué la méthode de préparation des produits binaires par électrolyse ignée due à J.-L. Andrieux ([2]), et j'ai cherché, comme je l'avais fait pour d'autres phosphures ([3]), à identifier les composés définis par l'étude de la variation de la composition des cristaux recueillis à la cathode en fonction de la composition des bains. Je me bornerai, dans cette Note, à rendre compte de quelques expériences qui m'ont permis d'isoler plusieurs séries de produits et qui conduisent à considérer comme des composés définis, pour les phosphures pauvres en phosphore, les corps de formule PCu^3 et PCu^2.

Par électrolyse, avec le dispositif habituel, de phosphates fondus tenant en dissolution soit un oxyde, soit un chlorure de cuivre, les phosphures se forment à la cathode à l'état cristallisé; on les isole en traitant les bains refroidis par l'acide chlorhydrique étendu. Les cristaux sont analysés après dessiccation sous vide, la séparation du phosphore et du cuivre par l'hydrogène sulfuré n'offre pas de difficultés; j'ai aussi obtenu de bons résultats en dosant le cuivre, en présence de phosphore, par iodométrie ou par précipitation avec l'oxyquinoléine. Le tableau suivant indique les conditions et les résultats d'une série d'électrolyses effectuées avec le métaphosphate de sodium comme dissolvant, un creuset de charbon servant d'anode et une tige de carbone, que l'on change toutes les 10 minutes, de cathode.

Constituants des bains.	Température moy.	Tension moy.	Intensité moy.	Nombre de cathodes.	Teneur en phosphore % des cristaux.
1. $P^2O^5Na^2O + 1/2\,ClCu$	600°	10 V	15 A	6	0,0; 5,5; 1,13; 9,13; 7,16; 6.
2. $P^2O^5Na^2O + 1/4\,CuO + 1/4\,FNa$	700	6	20	3	2,5; 3,6; 6,5.
3. $P^2O^5Na^2O + 1/6\,CuO + 1/4\,FNa$	650	10	15	6	13,5; 13,9; 13,8; 13,9; 13,9; 15,5.
4. $P^2O^5Na^2O + 1/8\,CuO + 1/4\,FNa$	650	10	20	3	13,9; 17,0; 19,6.
5. $P^2O^5Na^2O + PO^3H + 1/8\,CuO + 1/4\,FNa$	650	12	15	5	19,6; 19,5; 19,9; 20,1; 23,7.
6. $P^2O^5Na^2O + 1/16\,Cl^2Cu$	650	10	15	4	19,6; 19,8; 19,7; 27,5.

Dans les bains à teneurs élevées en oxyde ou en chlorure dissous, du cuivre se dépose vraisemblablement par réaction primaire : les produits cathodiques

---

([2]) *Thèse*, Paris, 1929; *Ann. Chim.*, 12, 1929, p. 423; *C. R. du XVIIIe Congrès de Chimie Ind.*, Nancy, 1938.

([3]) M. Chêne, *Thèse*, Grenoble, 1940.

forment des *boules* volumineuses et les cristaux sont abondants, tandis que dans les bains pauvres en cuivre les phosphures se forment par le jeu des réactions secondaires consécutives à la libération du sodium : les phosphures de cuivre sont accompagnés de phosphure alcalin. Corrélativement, la densité de courant à la cathode influe sur la composition des cristaux; si on la diminue les teneurs en phosphore des produits sont abaissées.

Les courbes que l'on peut tracer, pour les électrolyses de longue durée, en portant en abscisses les temps et en ordonnées les teneurs en phosphore des cristaux, présentent un palier, particulièrement net pour l'essai n° 3 et bien marqué pour l'essai n° 5. On peut aussi réunir sur un même graphique l'ensemble des résultats de ces expériences, en indiquant en abscisses les rapports molaires $P^2O^5/[CuO$ (ou $CuCl)]$ caractérisant la composition des bains, et en ordonnées les pourcentages de phosphore des cristaux formés après un temps donné; ce graphique fait apparaître deux paliers qui correspondent à deux phosphures contenant l'un 13,9 % de phosphore et 86,1 de cuivre, l'autre 19,6 % de phosphore et 80,4 % de cuivre, c'est-à-dire à deux composés de formules PCu^3 et PCu^2.

L'aspect des phosphures de cuivre varie avec leur teneur en phosphore. Les alliages pauvres sont cristallisés en aiguilles et ils ont la couleur du cuivre, puis, la richesse en phosphore, croissant, les cristaux deviennent plus petits et leur teinte plus sombre; le phosphure PCu^3, de densité 7,09 à 20° C., est formé de cristaux de couleur gris foncé; le composé de formule PCu^2 se présente en cristaux de couleur brun foncé, sa densité, à 20° C, est 5,51.

Tous ces corps s'oxydent à l'air chaud, ils sont faiblement attaqués par l'acide chlorhydrique, ils réduisent l'acide sulfurique concentré et chaud; l'acide nitrique attaque énergiquement les cristaux ayant l'aspect du cuivre, tandis qu'il réagit sans violence avec les phosphures PCu^2 et PCu^3. Sous l'action de la chaleur le phosphure PCu^2 émet facilement du phosphore qui s'enflamme. Les propriétés chimiques de ce composé sont analogues à celles des produits de même formule qui avaient été obtenus par plusieurs auteurs, par voie purement chimique.

Somme toute, j'ai montré que l'électrolyse du métaphosphate de sodium fondu, tenant en dissolution des quantités convenables d'oxyde ou de chlorure de cuivre, donne, à l'état bien cristallisé, du cuivre ou des phosphures. J'ai précisé les conditions des expériences qui permettent d'isoler divers phosphures, et j'ai apporté un argument en faveur de l'existence des composés définis de formules PCu^3 et PCu^2.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Effet Raman dans les cristaux; interprétation des raies externes des dérivés halogénés du benzène.* Note de MM. **Auguste Rousset** et **Robert Lochet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les raies Raman externes des cristaux organiques sont dues à des pivotements cohérents des molécules autour de leurs axes principaux d'inertie : cette hypothèse, qui nous avait permis d'interpréter le spectre de basse fréquence du naphtalène cristallisé (1), s'est montrée un guide sûr dans l'étude des spectres Raman des dérivés dihalogénés du benzène, dont la structure cristalline est assez bien connue grâce aux rayons X (2).

I. *Cas des diiodobenzènes*-1.3 *et* 1.2. — E. Gross et A. V. Korshunow (3) ont mesuré les basses fréquences suivantes :

Diiodo-1.3........	24	79	101			
Diiodo-1.2........	23	46	74	89	100	127

Dans la théorie des pivotements, l'interprétation du spectre du diiodo-1.3 est immédiate. Soient UVW les trois pivots, axes de l'ellipsoïde d'inertie de la molécule, classés par moments d'inertie croissants ($I_U : I_V : I_W = 1 : 3 : 4$). Ces pivots sont très sensiblement parallèles aux axes cristallographiques 1, 2, 3 de la maille orthorhombique. Les tenseurs qui relient le vecteur électrique $\vec{E}$ de l'onde incidente et le moment induit $\vec{M}$ qui émet la raie Raman, rapportés aux axes 1, 2, 3, prennent la forme simplifiée :

	E_1	E_2	E_3
M_1	0	1	0
M_2	1	0	0
M_3	0	0	0

(U) $S_3A_1A_2$ 101 cm^{-1}

	E_1	E_2	E_3
M_1	0	0	0
M_2	0	0	1
M_3	0	1	0

(V) $S_1A_2A_3$ 79 cm^{-1}

	E_1	E_2	E_3
M_1	0	0	1
M_2	0	0	0
M_3	1	0	0

(W) $S_2A_1A_2$ 24 cm^{-1}

On doit donc observer 3 oscillations dues aux pivotements, chacune d'elles étant symétrique par rapport à l'axe cristallographique parallèle au pivot et antisymétrique par rapport aux axes perpendiculaires au pivot (4). Nous avons indiqué sous chacun des tenseurs le type de symétrie de l'oscillation, le pivot et la fréquence.

Dans la maille monoclinique du diiodo-1.2, les pivots ne sont plus parallèles aux axes de l'ellipsoïde des indices. On doit prévoir, comme dans le cas du

(1) A. Kastler et A. Rousset, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 645; *Journal de Physique*, 2, 1941, p. 49.

(2) B. Hendricks, *Zeits. f. Kristallog*, 84, 1933, p. 85; B. Hendricks, L. R. Maxwell, V. L. Mosley et M. E. Jefferson, *Journal of Chemical Physics*, 1, 1933, p. 549.

(3) *C. R. Acad. Sciences U. R. S. S.*, 24, 1939, p. 328.

(4) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 625.

naphtalène, six raies distinctes : elles résultent du dédoublement en oscillations symétrique et antisymétrique par rapport à l'axe binaire de chacun des pivotements cohérents des molécules de la maille.

II. *Cas des dérivés para* (*dichloro-dibromo-diiodobenzène*-1.4). — Soient U V W les trois pivots, U joignant les centres des deux atomes d'halogènes, V et W, parallèle et perpendiculaire au plan du noyau benzénique. Les moments d'inertie autour de V et W sont sensiblement égaux et beaucoup plus grands que le moment d'inertie autour de U. Il en résulte que, si avec tous ces dérivés, on doit attribuer la large bande en 95 cm^{-1} au pivotement autour de U, on ne peut, d'après la seule mesure de la fréquence, attribuer un pivot, U ou W, aux raies de fréquences plus faibles : 54; 46,5; 27,5 cm^{-1} pour le dichloro, 37,8; 20,1 cm^{-1} pour le dibromo, 25; 15 pour le diiodo [5]. Nos mesures de polarisation des raies Raman des dichloro- et dibromobenzène-1.4 nous ont permis de compléter la liste des basses fréquences et d'indiquer pour chacune d'elles le pivot et la forme de l'oscillation.

Ces mesures montrent que les trois axes de l'ellipsoïde des indices jouent le rôle d'axes binaires, alors que la maille de ces cristaux est monoclinique. Aux trois oscillations du type $S_i A_j A_k$ (voir le diiodo-1.3) s'ajoute l'oscillation totalement symétrique $S_1 S_2 S_3$. Voici, pour ces deux dérivés, le tableau des fréquences avec leur pivot et leur type de symétrie :

	$S_1S_2S_3$ (W).	$S_1A_2A_3$ (W).	$S_2A_1A_3$ (V).	$S_3A_1A_2$ (V).
Dichloro-1.4....	47,5	27,5	48,7	56,0
Dibromo-1.4....	40,0	20,4	37,4	39,4

Les tenseurs théoriques ne rendent pas compte de la plus intense des raies, celle due à l'oscillation $S_1 A_2 A_3$. On sait que l'intensité des raies est liée aux déformations de l'ellipsoïde des réfractivités de la période cristalline. Or, dans notre calcul [1], nous composons simplement les moments induits dans chaque molécule pivotante en la supposant isolée. Cette première approximation n'est valable que si l'action des doublets induits dans les molécules voisines est négligeable devant celle du champ extérieur, ce qui n'est certainement pas le cas avec les dérivés en para, où les atomes d'halogènes, très réfringents, sont deux fois plus rapprochés d'une molécule à l'autre qu'à l'intérieur d'une même molécule.

Seules des mesures de polarisation, en résolvant la bande 15 cm^{-1}, nous conduiraient à une interprétation complète du spectre du diiodo-1.4. Mais, si l'on remarque que pour les trois dérivés para, dans les deux groupes de raies : 56-48, 39, 25 cm^{-1} et 27, 20, 15 cm^{-1}, la fréquence varie régulièrement en sens inverse des carrés des moments d'inertie, et non des masses moléculaires, on peut conclure que les raies du diiodo-1.4 sont encore dues à des pivotements des molécules autour des axes V et W.

[5] M. Vuks, *Acta Physicochimica U. R. S. S.*, 6, 1937, p. 11.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des métalloïdes sur les oxydes basiques.* Note de MM. **Marcel Lemarchands** et **Ladislas Schwartz**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'un de nous a déjà étudié l'action entre divers oxydes basiques (Ag, Hg, Pb. . .), l'iode, le brome et le chlore. Nous avons recherché dans ce travail comment le soufre se comporte vis-à-vis des mêmes oxydes.

L'action mutuelle se produit au mieux soit dans un dissolvant approprié (CCl^4), soit par absorption directe par la surface des oxydes de la vapeur de soufre. Dans ce dernier cas, une porphyrisation de l'oxyde mis en expérience est nécessaire pour obtenir l'action totale : pour l'oxyde d'argent nous avons obtenu :

		%.
Composé d'addition après 38 jours à 65-70°	. . . . .	3,01
» » » 96 » à 78-80°	. . . . .	98,12

partis de 1^g,3485 de Ag^2O, nous avons pesé 1^g,5310 du composé d'addition. Cela conduit à la formule Ag^2OS pour ce dernier à moins de 2 % près

$$\frac{Ag^2OS}{Ag^2O} = 1,138, \quad \text{ici} \quad \frac{1,5310}{1,3485} = 1,135.$$

Le soufre dissous dans CCl^4 s'est fixé sur 2^g,548 Ag^2O en suspension et constamment agité, pour donner, après plusieurs semaines, 2,8897 du composé d'addition, 2,8897/2,548 = 1,130.

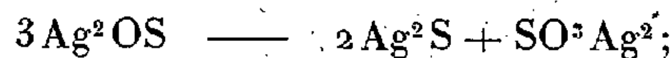
Soumis à l'analyse, les résultats sont les suivants :

S 11,63, dosé à l'état de SO^4Ba après oxydation par ClO^4K, NO^3H et I^2O^5.

Ag 81,57, dosé à l'état de AgCl.

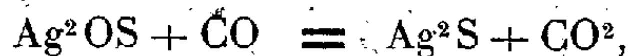
O 6,21, le corps est réduit par CO et le gaz carbonique absorbé dans KOH et pesé.

Propriétés de Ag^2NS. — Corps gris d'acier, solide de densité égale à 6,08 (Ag^2O : 7,143 à 7,250; Ag^2S : 7,16 à 7,285), insoluble dans l'eau. Il se dissocie sous l'action de la chaleur en sulfure et sulfite d'argent d'après l'équation



$$3Ag^2OS \longrightarrow 2Ag^2S + SO^3Ag^2;$$

d'après l'étude quantitative faite, cette dissociation a lieu entre 300 et 350° C. L'hydrogène est sans action jusqu'à 170°, tandis qu'à 100° Ag^2O est entièrement réduit. L'oxyde de carbone le réduit quantitativement en Ag^2S



$$Ag^2OS + CO = Ag^2S + CO^2,$$

d'où possibilité de dosage de l'oxygène dans cette substance.

Le composé nouveau se différencie de Ag^2O et Ag^2S par son spectre des rayons X et par son volume moléculaire.

	Ag^2O.	Ag^2S.	Ag^2OS.
Volume moléculaire.....	32,2	34,1	43,4

GÉOPHYSIQUE. — *Utilisation des éclipses de Lune à l'étude de la haute atmosphère.* Note de MM. DANIEL BARBIER, DANIEL CHALONGE et ERNEST VIGROUX, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons obtenu plusieurs spectres de la Lune au cours de l'éclipse totale des 2 et 3 mars 1942. Ces spectres, qui étaient fournis par un spectrographe de grande luminosité (ouverture de l'objectif de chambre, $f/3.5$; longueur du spectre, $14^{mm},5$ entre 6900 et 4350 Å), se divisent en deux groupes; les premiers ont été pris avant le commencement de l'éclipse, en vue de mesurer l'absorption atmosphérique; les cinq autres au cours de l'éclipse même. Sur chaque cliché, qui ne contient que des spectres d'un temps de pose déterminé, ont été enregistrés des spectres de gradation en vue de mesures spectrophotométriques.

Soient I_λ et J_λ les intensités (corrigées de l'absorption atmosphérique) de la radiation λ qui nous parviennent d'un point de la Lune, respectivement pendant et avant l'éclipse. Il est facile de déduire des spectres précédents la valeur de

$$\delta_\lambda = \log\frac{J_\lambda}{I_\lambda}.$$

Cette quantité, que l'on appelle densité de l'ombre au point considéré, pour la radiation λ, représente en fait, à un terme constant près, la densité optique, pour la radiation λ, de la partie de l'atmosphère terrestre que traversaient ceux des rayons solaires qui, après réfraction, atteignaient ce point de la Lune éclipsée, au moment où le spectre a été pris. On peut, en effet, rendre compte qualitativement et quantitativement de la forme de la courbe $\delta_\lambda = f(\lambda)$ en faisant intervenir l'absorption apparente par diffusion et les absorptions par l'ozone et par l'oxygène, et calculer les valeurs de la masse d'air m et de l'épaisseur d'ozone ε, qu'ont traversées les rayons qui parviennent au point étudié. Les valeurs de m et de ε ayant été ainsi déterminées pour divers points de l'ombre, on constate que, lorsqu'on se déplace depuis le bord de l'ombre, en direction de son centre :

1° m croît continuellement; il en est de même de l'intensité de la bande α de l'oxygène (la seule dont nous ayons pu faire l'étude quantitative);

2° ε passe par un maximum vers $10'$ environ du bord de l'ombre et décroît ensuite rapidement. Ce comportement particulier de l'ozone s'explique par la

localisation de ce gaz dans la haute atmosphère ([1]); les résultats obtenus permettent de rendre compte, de façon approximative, de la distribution de l'ozone en altitude, mais ils montrent qu'en conduisant convenablement les observations d'éclipses de Lune, il sera possible d'obtenir des résultats précis concernant la répartition de l'ozone aux altitudes très élevées ([2]); la connaissance de cette distribution, sur laquelle on ne possède actuellement aucun renseignement, serait d'un grand intérêt géophysique.

Les bandes d'absorption du spectre de la Lune éclipsée, que nous considérons comme appartenant à l'ozone, avaient, jusqu'ici, été faussement attribuées par la plupart des observateurs à la vapeur d'eau; les bandes de la vapeur d'eau ne pourraient apparaître que sur des rayons ayant pénétré profondément dans l'atmosphère terrestre, et leur intensité ne pourrait présenter le maximum que nous constatons à 10′ du bord de l'ombre.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les premières divisions des cellules du parenchyme libérien de Carotte cultivé* in vitro. Note de M. **Roger Buvat**, transmise par M. Louis Blaringhem.

Nous avons déjà signalé ([1]) des anomalies dans les premiers cloisonnements des cellules du parenchyme libérien de Carotte en cultures de tissus. Nous sommes parvenu depuis à préciser le mécanisme de ces divisions, qui n'est pas sans ressemblances avec celui décrit par I.-W. Bailey dans diverses cellules cambiales, en particulier chez *Pinus Strobus* ([2]).

Les cellules en question sont de grande taille, mais elles ne contiennent qu'une mince pellicule de cytoplasme pariétal, renflée seulement autour des chromoplastes et du noyau; les noyaux sont relativement petits, accolés à la paroi; la plus grande partie du volume des cellules est ainsi occupée par une grande vacuole centrale. Cultivées sur milieu nutritif sucré, gélosé et particulièrement en présence d'hétéro-auxine, elles retrouvent le pouvoir de se diviser, depuis longtemps perdu, et se dédifférencient.

Le petit noyau est réticulé, très pauvre en chromatine qui se montre surtout épaissie aux mailles du réseau. Il contient généralement un seul nucléole. Celui-ci disparaît à la prophase, tandis que le réseau se résout en petits chromosomes courts. La fin de la mitose a surtout retenu notre

([1]) Ces résultats sont en accord avec ceux qu'a annoncés Link (*Bull. astron.*, 77, 1932, p. 8) en discutant de simples mesures photométriques.

([2]) Götz (*Ergeb. Kosm. Phys.*, 1, 1931, p. 205) a déjà prévu cette application des éclipses de Lune.

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 808-810.

([2]) *Am. Jour. of Bot.*, 7, 1920, pp. 417-434.

attention. Tandis que les chromatines des noyaux fils se rassemblent aux deux pôles du fuseau, lors de la télophase, la plaque cellulaire s'ébauche à l'équateur, mais sa surface est alors très petite, relativement à la surface de section



Fig. 1 : Télophase, les noyaux fils n'ont encore pas de membrane, la plaque cellulaire est ébauchée. — Fig. 2 et 4 : Les noyaux fils sont reconstitués (en 2 les nucléoles se fusionnent); le phragmoplaste commence à s'écarter vers la vacuole. La cellule 2 s'est déjà divisée inégalement pour donner une cellule aplatie en calotte (noyau non visible sur la coupe). — Fig. 3 : Le phragmoplaste s'étend, après la fin de la caryocinèse, par le bourrelet marginal fibrillé. — Fig. 5 : Le phragmoplaste s'est épuisé avant la fin de la cytocinèse et il s'est formé une membrane incomplète.

de la cellule mère (*fig.* 1). Cependant la caryocinèse s'achève par la constitution de deux noyaux fils qui s'entourent d'une membrane et où apparaissent d'abord deux nucléoles qui se fusionneront un peu plus tard (*fig.* 2 et 4).

La figure achromatique, accolée à l'une des parois de la cellule, continue seule à fonctionner : elle s'aplatit d'abord et augmente ainsi la surface de la plaque cellulaire qu'elle construit. Une jeune membrane commence à se former depuis la paroi jusque vers le bord libre du phragmoplaste. Au fur et à mesure de cette formation la fibrillation disparaît et la substance du phragmoplaste s'étale à la surface de la jeune membrane. Cependant il reste tout le long du bord libre un bourrelet phragmoplastique où persistent les fibrilles. Ce bourrelet continue à élaborer la plaque cellulaire, et sa fibrillation s'étend progressivement à la périphérie, tandis qu'elle disparaît vers l'intérieur (*fig.* 2, 3 et 4). Ainsi, alors que la caryocinèse est depuis longtemps terminée, ce bourrelet continue à étendre la plaque cellulaire à travers la grande vacuole jusqu'à cloisonner complètement la cellule mère. Il se forme donc transitoirement des cellules binucléées et même plurinucléées, car les deux noyaux fils peuvent subir une nouvelle mitose complète avant que la première cloison soit construite; il se produit alors des phragmoplastes composés, ainsi que des *mitoses conjuguées* rappelant celles des cellules à dicaryons.

Cet état transitoire peut se prolonger. Parfois, en effet, le phragmoplaste s'épuise avant d'avoir achevé la cytocinèse et il se forme des membranes incomplètes (*fig.* 5). Dans ce cas, les divisions ultérieures isoleront des cellules normales, mais d'autres resteront forcément à l'état binucléé, ou, ce qui semble avoir lieu surtout, dégénéreront, car il n'y a plus de cellules plurinucléées dans les tissus dédifférenciés.

Nous avons observé des figures particulièrement remarquables lors du cloisonnement de *cellules géantes* résultant de l'action de croissance isodiamétrique de l'hétéroauxine. Le fonctionnement du phragmoplaste se poursuit longtemps après la caryocinèse, à des distances relativement très grandes des noyaux fils. Souvent le phragmoplaste chemine en longeant presque l'une des cloisons et arrive ainsi à isoler deux cellules très inégales, l'une coiffant l'autre d'une calotte aplatie. Le phénomène peut se répéter dans une même cellule mère, et ainsi faire naître dans le tissu néoformé des cellules disposées en zones génératrices et qui fonctionnent comme telles. Beaucoup des zones génératrices décrites par R.-J. Gautheret dans les cultures des tissus végétaux ont peut-être cette origine.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Reviviscence et longévité de certaines Algues en vie latente dans les terres desséchées des plantes des vieux herbiers.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Certaines Cyanophycées, Chlorophycées, Diatomées, ainsi que nous l'avons démontré [1] expérimentalement, ont une vitalité extraordinaire, insoupçonnée,

---

[1] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 979.

lorsqu'elles se trouvent en vie latente, dans des terres desséchées, soit sous forme de kystes, de spores ou de cellules normales.

Or dans cet état d'anhydrobiose garderont-elles longtemps leur faculté de reviviscence? Sur ce point nous n'avons que des données très rares. Schröder avait déjà réussi à conserver des Pleurocoques 5 mois dans un dessiccateur à acide sulfurique. Nous-même, nous avons fait revivre après 26 ans dans le vide sec à l'obscurité, des Pleurocoques et des Tribonema desséchés. Mais est-ce là le terme ultime de leur reviviscibilité, même dans les conditions naturelles?

En attendant les résultats à longue échéance des expériences que j'ai entreprises sur la conservation des Algues dans les hauts vides, ne pourrait-on pas jeter un coup de sonde dans le passé en explorant le contenu des parcelles de terre desséchées adhérant à la base des plantes des vieux herbiers de Lichens, de Mousses, de Cryptogames vasculaires qui n'ont pas été désinfectés?

C'est ce que j'ai fait en utilisant les vieux herbiers de mon laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Poitiers.

Des parcelles de terre ou des fragments de plantes maculées de terre ont été prélevés et placés dans des tubes stérilisés. Une part était réservée à l'examen microscopique et l'autre part était ensemencée dans une centaine de ballons contenant des milieux liquides minéralisés stérilisés, aptes à la culture des Algues et dont la légère acidité pH5 arrête le développement des Bactéries.

Ces ballons furent placés dans une étuve à la température de 21 degrés, devant la lumière diffuse d'une fenêtre. Ils étaient soigneusement fermés avec des bouchons d'ouate stérilisés, surmontés d'une capsule d'étain stérilisée empêchant l'arrivée de tout germe extérieur.

Au bout de quelques mois, les Algues commencèrent à se développer. Après 6 mois j'ai étudié les cultures et déterminé les Algues avec la Flore de Pascher de Prague.

En voici les résultats. La date des terres desséchées et leur localité sont indiquées, par le botaniste systématicien, lors de la récolte de la plante.

1844. *Cenonyce pungens.* — Quimperlé (Herb. Hubert). *Nitzschia palea* Kütz. var. *minuta*; *Cystococcus humicola* Naeg. Treb.

1851. *Equisetum elongatum.* — Environs de Poitiers (Herb. Poirault). *Stichococcus bacillaris* Naeg; *Dactylothece Braunii* Lag.

1853. *Hypnum undulatum.* — Cherbourg (Herb. Hubert). *Dictycoccus varians* Gerneck; *Cocmyxa dispar* Vill; *Cystococcus humicola* Naeg.

1854. *Hypnum riparioides* Lejolis. — Cherbourg (Herb. Hubert). *Chlorococcum viride* Ag.; *Oscillatoria minima* Gigkl. *Stigonema informe* Kütz.

1859. *Ceterach officinarum.* — Poitiers (Herb. Poirault). *Stigonema informe* Kütz.

1860. *Equisetum limosum.* — Poitiers (Herb. Poirault). *Siphononema polonicum* Racib; *Microcystis viridis* Lemm.

1871. *Habrodon Notarisii.* — Monaco (Herb. Husnot). *Oocystis Marssonii.* Lemm.

1872. *Fissidens exilis.* — Falaise, Calvados (Herb. Husnot). *Stichococcus bacillaris* Nusg. *Chlorococcum humicolum* Rab.

1876. *Fabronia octoblepharis.* — Saint-Martin Lantorgue, Alpes Maritimes (Herb. Husnot). *Stichococcus bacillaris* Nag. *Botrydina vulgaris* Brebissen. *Cystococcus humicola* Naeg.

1886. *Philonotis seriata.* — Pierre-sur-Haute-Loire (Herb. Husnot) *Nostoc microscopicum* Carm. *Cystococcus humicola* Naeg.

Ainsi une Diatomée, la *Nitzschia palea* et une Chlorophycée, le *Cystococcus humicola* d'une terre de Lichen présentent la plus grande longévité avec 98 ans d'anhydrobiose.

Viennent ensuite les Chlorophycées, *Stichococcus, Dactylothece, Dictycoccus, Coccomyxa, Chlorococcum, Microcystis, Oocystis, Botrydina* et les Cyanophycées, *Oscillatoria minima, Stigonema informe, Nostoc microscopicum* dont les durées d'anhydrobiose vont de 56 à 91 ans.

Ces faits de la vie latente des Algues dans les vieux herbiers m'ont paru si étonnants que je me suis demandé si les Algues de mes cultures ne proviendraient pas, soit des descendantes des terres, se multipliant pendant le temps humide, soit des poussières de l'air apportées dans les herbiers, ou dans mes cultures. L'examen des herbiers m'a montré leur parfaite siccité, leur excellente conservation, leur manipulation très rare.

L'étude des terres au microscope m'a révélé la présence de quelques Algues, la plupart décolorées, notamment des Diatomées avec leurs auxospores et des sporanges brunis du *Cystococcus humicola* dans le cas des terres du Lichen de 1844. S'il ne s'agissait que d'apports accidentels des poussières de l'air, j'aurais dû trouver, dans les mêmes milieux de culture pour n'importe quelle terre, la même composition florulaire.

Maintenant ai-je obtenu la reviviscence de toutes les algues de ces terres sous forme de cellules desséchées de kystes, de spores ?

Je ne le pense pas. Il aurait fallu réaliser une grande variété de milieux de culture pour trouver ceux qui auraient été nécessaires pour toutes.

Malgré cela, ces recherches, qui ne sont qu'à leur début, quand elles auront été étendues à des terres d'herbiers encore plus anciens et plus riches, comme ceux du Muséum d'Histoire naturelle, nous permettront d'explorer le domaine encore si peu connu de la vie latente des Algues.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUIN 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS.

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** adresse ampliation de l'arrêté portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Arnaud Denjoy** pour occuper dans la Section de Géométrie la place vacante par le décès de M. *H. Lebesgue*.

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Arnaud Denjoy** prend place parmi ses Confrères.

M. **Ph. Guinier** fait hommage à l'Académie d'une Conférence intitulée *Les Peupliers*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **L. Bouvier**, **P.-A. Dangeard**, **É. Borel**, **É. Cartan**, **H. Villat**, **G. Julia**, **P. Montel** sont désignés pour former avec le Bureau de l'Académie la Commission du *prix Le Conte*.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages M. **Paul Lebeau** est élu membre de la *Commission permanente des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines*, en remplacement de M. *G. Urbain* décédé.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension du principe de É. Picard.* Note (¹) de M. **Georges Biben**, présentée par M. Henri Villat.

E. Picard a démontré, dans le Tome II de son *Traité d'Analyse*, la proposition suivante :

(¹) Séance du 11 mai 1942.

Une fonction ψ, satisfaisant à l'équation

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}+2\delta\frac{\partial\psi}{\partial x}+2e\frac{\partial\psi}{\partial y}+f\psi=0 \text{ (à l'intérieur d'une aire simplement connexe),}$$

et prenant des valeurs données sur le contour de cette aire, est déterminée univoquement par les valeurs qu'elle prend sur le contour.

On peut se proposer d'étendre ce principe à une équation que l'on rencontre dans de nombreux problèmes de physique mathématique.

Soit ψ une fonction devant satisfaire à l'équation

$$(1)\qquad \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}+2\delta\frac{\partial\psi}{\partial x}+2e\frac{\partial\psi}{\partial y}+2f\frac{\partial\psi}{\partial z}+g\psi=0,$$

à l'intérieur d'un volume D, et prenant des valeurs données sur la frontière F de ce volume D.

Je dis que la fonction ψ est déterminée univoquement par les valeurs qu'elle prend sur la frontière F. Car, s'il en était autrement, soit ψ' une autre fonction prenant les mêmes valeurs que ψ sur la frontière F de D. La fonction $\psi-\psi'=u$ devra satisfaire à l'équation

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+2\delta\frac{\partial u}{\partial x}+2e\frac{\partial u}{\partial y}+2f\frac{\partial u}{\partial z}+gu=0 \text{ (à l'intérieur de D),}$$

et s'annuler sur la frontière P de D. Or, s'il en est ainsi,

$$(3)\qquad \iiint_D u\left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+2\delta\frac{\partial u}{\partial x}+2e\frac{\partial u}{\partial y}+2f\frac{\partial u}{\partial z}+gu\right]dx\,dy\,dz=0.$$

On sait que

$$(4)\qquad \iiint_D u\left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right]dx\,dy\,dz+\iiint_D\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2\right]dx\,dy\,dz=0$$

et que, d'après la formule d'Ostrogradsky,

$$(5)\qquad \iiint_D\left[2u\delta\frac{\partial u}{\partial x}+2ue\frac{\partial u}{\partial y}+2uf\frac{\partial u}{\partial z}\right]dx\,dy\,dz+\iiint_D u^2\left[\frac{\partial\delta}{\partial x}+\frac{\partial e}{\partial y}+\frac{\partial f}{\partial z}\right]dx\,dy\,dz=0;$$

de (4) et de (5) on tire

$$(6)\qquad \iiint_D u\left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+2\delta\frac{\partial u}{\partial x}+2e\frac{\partial u}{\partial y}+2f\frac{\partial u}{\partial z}+gu\right]dx\,dy\,dz$$
$$+\iiint_D\left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+u^2\left(\frac{\partial\delta}{\partial x}+\frac{\partial e}{\partial y}+\frac{\partial f}{\partial z}-g\right)\right]dx\,dy\,dz=0,$$

de la relation (3) on déduit

$$(7)\qquad \iiint_D\left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+u^2\left(\frac{\partial\delta}{\partial x}+\frac{\partial e}{\partial y}+\frac{\partial f}{\partial z}-g\right)\right]dx\,dy\,dz=0.$$

Donc, si la quantité $\theta=\partial\delta/\partial x+\partial e/\partial y+\partial f/\partial g-g$ est positive, pour que l'égalité (7) soit satisfaite, il faut avoir $u=0$; la démonstration semble tomber

en défaut lorsque θ est négatif. Dans ce cas considérons trois fonctions de x, de y et de z. La formule d'Ostrogradsky donne

$$\iiint_D \left[\frac{\partial}{\partial x}(Bu^2) + \frac{\partial}{\partial y}(B'u^2) + \frac{\partial}{\partial z}(B''u^2)\right] dx\,dy\,dz$$
$$= -\iint_F u^2[B\cos(u_i, x) + B'\cos(u_i, y) + B''\cos(u_i, z)]\,dF;$$

comme la fonction u doit s'annuler sur la frontière F du domaine D, on en déduit

$$(8)\qquad \iiint_D \left[\frac{\partial}{\partial x}(Bu^2) + \frac{\partial}{\partial y}(B'u^2) + \frac{\partial}{\partial z}(B''u^2)\right] dx\,dy\,dz$$
$$= \iiint_D u^2\left[\frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z}\right] dx\,dy\,dz$$
$$+ \iiint_D \left[2Bu\frac{\partial u}{\partial x} + 2B'u\frac{\partial u}{\partial y} + 2B''u\frac{\partial u}{\partial z}\right] dx\,dy\,dz;$$

cette relation, jointe à la relation (7), donne

$$(9)\qquad \iiint_D \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + 2Bu\frac{\partial u}{\partial x} + 2B'u\frac{\partial u}{\partial y} + 2B''u\frac{\partial u}{\partial z}\right.$$
$$\left. + \left(\frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z} + \theta\right)\right] dx\,dy\,dz = 0;$$

le terme entre crochets est une forme quadratique entre les quatre variables $\partial u/\partial x$, $\partial u/\partial y$, $\partial u/\partial z$ et u. Le discriminant de cette forme quadratique est

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & B \\ 0 & 1 & 0 & B' \\ 0 & 0 & 1 & B'' \\ B & B' & B'' & \left(\frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z} + \theta\right) \end{vmatrix}.$$

Si ce discriminant est positif, nous serons certains que la forme quadratique sera définie positive. Il faut donc que

$$\frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z} + \theta - B^2 + B'^2 + B''^2 > 0.$$

Il faut donc que

$$B^2 + B'^2 + B''^2 < \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z} + \theta,$$

la valeur de θ est donnée, soit alors m^2 la limite supérieure des valeurs absolues de θ dans l'aire D. Le résultat désiré peut se tirer de là, en introduisant trois constantes m_1, m_2, m_3 satisfaisant à la condition

$$m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 > m^2.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la capacité de certains ensembles de valeurs exceptionnelles.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Nous nous proposons d'indiquer quelques conséquences de la Note de M. H. Cartan (¹) et de montrer l'intérêt d'une notion de *capacité extérieure* appliquée aux ensembles exceptionnels E de capacité nulle que nous avons rencontrés dans l'étude des fonctions analytiques de deux variables complexes (²). Nous avions limité à zéro leur *capacité intérieure* $C_i(E)$ entendue au sens de borne supérieure des capacités des ensembles fermés contenus dans E. Ce résultat essentiel subsiste quand on utilise la notion plus restrictive de *capacité extérieure* $C_e(E)$, définie comme borne inférieure des capacités des ensembles ouverts contenant E : *tous les ensembles exceptionnels rencontrés dans le Mémoire cité* (²) *ont une capacité extérieure nulle.* Indiquons quelques exemples qui feront voir dans quelle mesure cette propriété les caractérise. Nous désignerons par E_0 un ensemble quelconque de capacité extérieure nulle.

1. Soit tout d'abord E l'ensemble défini dans un domaine d (qui peut être tout le plan) par les conditions suivantes :

a. Il existe une suite de fonctions $A_n(x)$ holomorphes dans d et telles que $S_n(x) = 1/n \log|A_n(x)|$ est borné sur tout ensemble fermé intérieur à d.

b. E est l'ensemble des points où $S(x) = \infty$. $S(x) = \limsup S_n(x)$ est supposé ne pas valoir $-\infty$ dans tout d.

La démonstration du théorème X du Mémoire cité (²) montre que E coïncide dans un cercle C avec l'ensemble $U(x) = \liminf U_n(x) = +\infty$, où $U_n(x) = 1/n \sum_i g(x, a_i^n)$ est le potentiel fermé avec les fonctions de Green relatives à un cercle C′ extérieur à C et aux zéros a_i^n des fonctions $A_n(x)$ situés dans C′. E est donc un ensemble E_0. Réciproquement, donnons-nous un ensemble E_0 intérieur au cercle $|x| \leqq R$: d'après le théorème A de la Note citée (¹), il existe une suite

$$U_k(x) = \frac{1}{n_k} \sum_i p_i^k g(x, a_i^k) \qquad (p_i^k,\ n_k \text{ entiers positifs}),$$

de masse totale $\mu_n < \mu$, suite telle que $\liminf U_k(x) = +\infty$ en tout point de E_0. A partir de celle-ci, il est facile de construire une suite de polynomes $A p_k(x)$ dont les zéros sont aux points a_i^k, suite telle que

$$S(x) = \limsup \frac{1}{p_k} \log|A p_k(x)|$$

(¹) Voir p. 994.
(²) *Annales de l'École Normale Supérieure*, 58, 1941, pp. 83-177.

vaille $-\infty$ en tout point de E_0 et non dans tout le cercle $|x| \leq R$. Le cas où E_0 n'est pas borné se traite sans difficulté. On obtient ainsi le résultat suivant, plus précis que celui du Mémoire :

THÉORÈME I. — *Étant donné un ensemble* E *contenu dans un domaine* d, *pour qu'il existe une suite de fonctions* $A_n(x)$ *holomorphes dans* d, *satisfaisant aux conditions a et b, il faut et il suffit que* E *soit de capacité extérieure nulle.*

Application. — Pour qu'une fonction $f(x, y)$ holomorphe dans un voisinage du plan $x \subset d$, $y = 0$ soit égale à une fonction entière de y pour tout x appartenant à un ensemble E de d, *il faut et il suffit que* E *soit de capacité extérieure nulle ou coïncide avec d.*

2. De même, à partir du théorème III de la Note citée (¹), on démontre :

THÉORÈME II. — *Étant donné un ensemble* E *contenu dans un domaine* d, *pour qu'il existe une suite de fonctions* $A_n(x)$ *holomorphes dans* d, *satisfaisant à la condition* a, *et telles que* $S(x) = \limsup S_n(x)$ *diffère de sa régularisée* $T(x) = \limsup_{y \to x} S(y)$ *en tout point de* E, *il faut et il suffit que* E *soit la réunion d'une suite dénombrable d'ensembles fermés de capacité nulle.*

Nous appellerons E_1 un tel ensemble.

Application. — Les épines de convergence simple $R(x) \leq |y| < \rho(x)$ d'un développement $f(x, y) = \Sigma A_n(x) y^n$ forment en projection un ensemble $E(x)$ qui est *ensemble* E_1 et *peut contenir un ensemble* E_1 *donné à l'avance.*

Application. — Soit $f(x, y)$ une fonction entière d'ordre positif α fini en x, d'ordre fini, positif ou nul, en y; soit $M(x, r')$ le maximum de $|f(x, y)|$ pour $y = r' e^{i\theta'}$ $(0 \leq \theta' < 2\pi)$. Posons

$$A(x) = \limsup \frac{\log M(x, r')}{r'^{\alpha}}.$$

La régularisée $\log B(x)$ de $\log A(x)$ est une fonction sous-harmonique quelconque. On a $A(x) \leq B(x)$. *L'ensemble des points où* $A(x) < B(x)$ *est un ensemble* E_1 *et peut contenir un ensemble* E_1 *donné à l'avance* [on peut prendre $A(x) = 0$ sur E_1].

3. Soit E_0 un ensemble *fermé* de capacité nulle; prenons les points a_i^k utilisés dans la démonstration du théorème I, à une distance moindre que $1/n$ de E_0 : $\limsup S_n(x)$ ne peut valoir $-\infty$ que sur E_0; l'ensemble exceptionnel défini par a et b coïncide alors avec E_0. On peut opérer de même dans la démonstration de II : *dans la classe des ensembles fermés, il y a identité entre les ensembles de capacité nulle et les ensembles exceptionnels définis dans cette Note.*

Mais la coïncidence n'est pas complète si E est un ensemble défini par a et b et qui n'est pas fermé; on sait seulement que E est un E_0 et contient un E_0 donné à l'avance; on ne peut cependant l'identifier avec l'ensemble E_0

de capacité extérieure nulle le plus général, car E est, d'après sa définition, un ensemble *borélien*. La question se pose de savoir si E est ou n'est pas l'ensemble borélien le plus général [3] de capacité extérieure nulle.

THÉORIE DU POTENTIEL. — *Sur les suites de potentiels de masses ponctuelles.* Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

Conservons les hypothèses et les notations d'une Note [1] dans laquelle il s'agissait de suites de potentiels dus à des distributions de masses positives. En vue des applications (notamment à la théorie des fonctions analytiques), il convient de préciser certains résultats dans le cas particulier où il s'agit de distributions *ponctuelles* : pour abréger, nous appellerons *potentiel ponctuel* tout potentiel dû à un nombre *fini* de masses *ponctuelles*, les valeurs des masses étant *rationnelles* positives.

1. Rappelons d'abord un résultat de la Note citée (théorème de Brelot renforcé) : soit une suite de potentiels u_n, dus à des distributions positives (quelconques), ou, plus généralement, une suite de fonctions surharmoniques $u_n \geqq 0$; posons $u(x) = \liminf_{n \to \infty} u_n(x)$, puis $v(x) = \liminf_{y \to x} u(y)$. La fonction v, dite *régularisée* [2] de u, est surharmonique, et est égale à u sauf sur un ensemble de capacité *extérieure* nulle (nous dirons aussi : ensemble *polaire*; cf. Note citée, § 2). De là on déduit facilement :

Lemme 1. — *Si une suite de distributions positives μ_n, de masse totale uniformément bornée, converge vaguement* [3] *vers une distribution μ, on a*

$$U^{\mu}(x) = \liminf_{n \to \infty} U^{\mu_n}(x)$$

pour tout x, sauf aux points d'un ensemble polaire.

C'est là une extension d'un résultat obtenu par Brelot [4] dans le cas où μ

---

(3) Aucune des deux capacités $C_i(E)$, $C_e(E)$ n'est du reste une notion capacitaire spécialement adaptée aux ensembles boréliens, et leur concordance dans ce cas est en question.

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 944.

(2) Cf. P. Lelong, *Ann. de l'Éc. Normale*, 58, 1941, pp. 83-177; voir p. 97.

(3) Nous disons qu'une suite de distributions positives μ_n *converge vaguement* vers une distribution μ si, pour toute fonction f continue $\geqq 0$ telle qu'il existe un ensemble compact contenant l'ensemble où $f > 0$, on a

$$\int f(x)\, d\mu(x) = \lim \int f(x)\, d\mu_n(x).$$

On sait qu'on a alors, entre les potentiels U^{μ} et U^{μ_n}, la relation

$$U^{\mu}(x) \leqq \liminf_{n \to \infty} U^{\mu_n}(x) \quad \text{en tout point } x.$$

(4) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 836 (lemme III).

ne charge pas les ensembles de capacité nulle; cette restriction est, en fait, inutile. Pour prouver le lemme 1, on montre que la régularisée v de $u = \liminf_{n\to\infty} U^{\mu_n}$ est identique à U^{μ}; pour cela il suffit de prouver que $v = U^{\mu}$ presque partout (au sens de Lebesgue), ce qui est aisé.

LEMME 2. — *Étant donné un ensemble* K *compact* (c'est-à-dire borné fermé) *de capacité nulle, il existe une distribution de masses ponctuelles rationnelles positives dont la somme des masses est arbitrairement petite, et dont le potentiel est* ≥ 1 *en tout point de* K ([5]).

En effet, soit A un ensemble ouvert borné contenant K et dont la capacité γ est arbitrairement petite. On sait (de La Vallée Poussin) qu'il existe une distribution positive portée par la frontière A' de A, de masse totale γ, et dont le potentiel est 1 en tout point de A. On peut « approcher » cette distribution par une distribution de masses ponctuelles rationnelles portées par A', et dont le potentiel est compris entre $1-\varepsilon$ et $1+\varepsilon$ en tout point de K ($\varepsilon > 0$ arbitraire). D'où le résultat.

2. Reprenons les notations du début du n° 1. Si $u \not\equiv \infty$, on a $v \not\equiv \infty$, donc v n'est infini qu'aux points d'un ensemble polaire; u étant égale à v en dehors d'un ensemble polaire, est *finie sauf sur un ensemble polaire*. Réciproquement, soit E un ensemble polaire : il existe un potentiel U^{μ} infini en tout point de E (Note citée, théorème 1), et l'on peut supposer la masse totale de μ finie. Une telle masse μ est limite d'une suite de distributions ponctuelles rationnelles μ_n (d'une façon précise, les μ_n convergent « vaguement » vers μ) dont la masse totale reste bornée; $u(x) = \liminf U^{\mu_n}(x)$, qui est $\geq U^{\mu}(x)$, est ∞ en tout point de E, et d'autre part (lemme 1) $u \not\equiv \infty$. On vient de démontrer :

THÉORÈME A. — *Soit donné un ensemble* E; *pour qu'il existe une suite de fonctions surharmoniques* $u_n \geq 0$ *telle que* $\liminf u_n$ *soit infini en tout point de* E *sans être partout infini, il faut et il suffit que* E *ait une capacité extérieure nulle; si* E *remplit cette condition, il existe même une suite de potentiels ponctuels* u_n *telle que* $\liminf u_n$ *soit infini sur* E *sans être partout infini.*

3. Revenons encore aux notations du n° 1 : si les u_n sont des fonctions *continues* (pouvant prendre la valeur ∞, comme c'est le cas des potentiels ponctuels), l'ensemble des points où $v(x) < u(x)$ est *contenu dans une réunion dénombrable d'ensembles compacts* ([6]). Inversement, donnons-nous un ensemble E, contenu dans la réunion d'une suite croissante d'ensembles compacts K_n de capacité nulle : d'après le lemme 2, il existe une distribution ponctuelle rationnelle μ_n, de masse totale $m_n \leq 2^{-n}$, dont le potentiel u_n soit $\geq 2^n$ en tout

---

([5]) Ce résultat a déjà été utilisé par Evans (*Monatshefte*, 43, 1936, p. 419-424), sous une forme plus précise (il astreint les masses à être portées par C) dont nous n'avons pas besoin ici et qui nécessite la théorie du *diamètre transfini* de Pólya et Szegö.

([6]) Cette remarque m'a été communiquée par M. Brelot, dans une lettre du 31 octobre 1941.

point de K_n; alors $u = \liminf u_n$ est infini en tout point de E; et la régularisée v est identiquement nulle [on a même $\limsup u_n = 0$ en dehors d'un ensemble polaire, du fait que l'ensemble (ouvert) des points où $u_n > \alpha$ ($\alpha > 0$) a une capacité au plus égale à $\alpha^{-1} m_n$]. On a ainsi démontré :

Théorème B. — *Soit donné un ensemble* E; *pour qu'il existe une suite de fonctions surharmoniques u_n, continues* (7) *et* ≥ 0, *telle que* $u = \lim\inf u_n$ *diffère de sa régularisée* v *en tout point de* E, *il faut et il suffit que* E *soit contenu dans une réunion dénombrable d'ensembles compacts de capacité nulle. Si* E *remplit cette condition, on peut même trouver une suite u_n de potentiels ponctuels pour laquelle* $v = 0$ *partout, et* $u = \infty$ *en tout point de* E.

MAGNÉTISME. — *Anisotropie magnétique de quelques substances organiques à structure fibreuse.* Note de Mme **Eugénie Cotton-Feytis** et M. **Emmanuel Fauré-Frémiet**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous a signalé récemment l'anisotropie magnétique qui se développe dans un échantillon de caoutchouc soumis à des déformations mécaniques (1). Dans le cas du caoutchouc étiré, l'anisotropie paraît liée à l'orientation parallèle des chaînes moléculaires, disposition révélée par ailleurs par les diagrammes de diffraction des rayons X, la structure fibreuse du caoutchouc racké refroidi dans l'air liquide etc. Or un grand nombre de substances organiques naturelles hautement polymérisées possèdent la structure fibreuse à l'état normal; la direction des fibres est une direction privilégiée comme l'axe principal d'un cristal uniaxe, et l'on peut s'attendre à ce que les valeurs du coefficient d'aimantation spécifique, suivant l'axe et suivant une direction quelconque perpendiculaire à l'axe, soient différentes, autrement dit à ce que les corps fibreux soient magnétiquement anisotropes.

Cette remarque nous a conduits à examiner diverses fibres végétales ou animales constituées par des chaînes cellulosiques ou protéiques dont l'examen optique ou les diagrammes par rayons X avaient révélé l'orientation. Toutes ces substances sont diamagnétiques. Des fibres de longueur égale ont été disposées parallèlement en courts faisceaux ayant une longueur sensiblement égale à leur diamètre. Ces faisceaux étaient maintenus par de minces fils de soie et suspendus par un fil de faible torsion dans un champ magnétique uniforme horizontal, l'axe du faisceau étant lui-même horizontal. On a noté pour chacun d'eux l'orientation *axiale* (suivant les lignes de force du champ) ou *diamétrale*

---

(7) Il n'est pas exclu que les u_n soient infinies en certains points.

(1) Mme E. Cotton-Feytis, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 485.

(perpendiculaire aux lignes de force) prise dans le champ par les fibres. Les résultats ont été les suivants :

Les *fibres cellulosiques* (coton, agave, ortie, lin, chanvre) se sont orientées axialement, comme le caoutchouc étiré, à l'exception des deux échantillons de fibres de chanvre qui se sont placés diamétralement, comme l'axe d'un cristal de spath.

Les *protéines animales* examinées appartenaient à trois groupes distincts, les soies, les kératines et les collagènes. Alors que les soies et les kératines se disposent axialement dans le champ, les collagènes s'orientent diamétralement. Ce fait intéressant est à rapprocher des différences de structures révélées par l'examen rœntgénographique (Astbury, G. Champetier et E. Fauré-Frémiet) entre le groupe des collagènes et les autres groupes de protéines.

Le dispositif expérimental qui nous a permis d'observer qualitativement ces anisotropies donne un moyen d'évaluer la différence $\Delta\chi$ des coefficients d'aimantation spécifiques dans la direction du champ et dans la direction perpendiculaire au champ, différence qui définit l'anisotropie du corps. La technique que nous avons utilisée est celle que K. S. Krishnan et S. Banerjee [2] ont employée dans les mesures qu'ils ont faites récemment sur de nombreux cristaux organiques ou minéraux.

Nos résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous. On y voit que l'anisotropie de certaines des substances examinées peut atteindre et même dépasser celle du spath d'Islande. On constate également que, pour un corps donné, la valeur de l'anisotropie dépend de l'état sous lequel il se trouve au moment de l'expérience. C'est ainsi que, des deux échantillons de caoutchouc boudiné qui ont été préparés pour nous à l'Institut français du Caoutchouc, celui qui a été étiré le plus vite est beaucoup plus anisotrope que l'autre.

Corps étudié.	Orientation.	Anisotropie magnétique (valeur approchée) en unités C. G. S.
Celluloses.		
Coton jumel	Axiale	21.10^{-9}
Agave (fibres sisal)	»	10
Cellulose ortie	»	5
Lin roui	»	17
Chanvre roui	Diamétrale	13
Soies.		
Soie brute (fil de cocon)	Axiale	37
Soie (contenu de la glande étiré)	»	30

(2) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, notamment IIIe Partie, 234, 1935, p. 266.

Corps étudié.	Orientation.	Anisotropie magnétique (valeur approchée) en unités C. G. S.
Kératines.		
Cheveux	Axiale	15
Cheveux contractés (bisulfite)	»	1,8
Crin	»	–
Laine	»	–
Poils de porc-épic	»	–
Plumes de mouette	»	–
Collagènes.		
Axe corné de Pennatule (Funiculina)	Diamétrale	2,8
Élastoïdine normale	»	10
» raccourcie formolée	»	1
» raccourcie, puis réallongée	»	2,6
Tendon de pied de bœuf	»	11
» » » raccourci formolé	»	3,2
Caoutchouc boudiné 25 tours/minute	Axiale	23
» » 45 »	»	63
Spath d'Islande	Diamétrale	40

Dans le cas de l'élastoïdine, les résultats sont particulièrement frappants car ils confirment entièrement les renseignements donnés par l'analyse aux rayons X : l'élastoïdine fibreuse normale a une anisotropie magnétique notable, 10.10^{-9} C. G. S. et un diagramme X cristallin; l'élastoïdine raccourcie a une anisotropie réduite au dixième de la valeur précédente et un diagramme amorphe; enfin l'élastoïdine, raccourcie puis réallongée, a une anisotropie intermédiaire entre les deux précédentes ($2,6.10^{-9}$) et un diagramme X qui est une superposition des deux diagrames précédents.

OPTIQUE. — *La loi de Beer et le spectre d'absorption moléculaire de quelques vapeurs.* Note de M. **Michel Kantzer**, transmise par M. Charles Fabry.

Cette étude a pour objet d'examiner sur quelques exemples (chlorure de chromyle, brome et monochlorure d'iode) la validité de la loi de Beer appliquée aux vapeurs éloignées de la saturation, soit à l'état pur, soit mélangées à des gaz inertes et transparents dans la région spectrale utilisée.

Ces spectres d'absorption correspondent à des transitions électroniques. Toutes les mesures ont été effectuées par photométrie photographique à partir de clichés obtenus sur un spectrographe à réseau concave de Rowland, dont le pouvoir de résolution valait 34000. Les méthodes de détermination des coefficients d'absorption seront décrites incessamment dans un Mémoire détaillé.

1. Le coefficient d'extinction moléculaire du chlorure de chromyle reste constant dans l'absorption continue, pour des densités allant de 0 à 20.10^{-7} mol-g par centimètre cube. On retrouve la classification connue des raies en trois séries : la série A suit la loi de Beer; les séries B et C s'en écartent, la série B suivant une loi $\varepsilon = KC^{0,3}$ et la série C une loi $\varepsilon = KC^{0,5}$, où ε est le coefficient d'extinction moléculaire, C la densité de vapeur et K une constante variant avec chaque raie. La position des raies est invariable.

L'absorption continue visible du brome obéit à la loi de Beer, alors que toutes les arêtes visibles s'en écartent. Pour celles-ci les coefficients d'extinction moléculaire décroissent quand la densité de la vapeur augmente, contrairement aux effets observés précédemment. Ils suivent une loi d'allure unique, mais la famille des courbes correspondantes n'a pas reçu de représentation mathématique particulièrement intéressante. Le coefficient ε subit des variations qui, pour les fréquences élevées, peuvent atteindre 60 % de la valeur initiale quand la densité de vapeur varie de 0 à 40.10^{-7} mol-g par centimètre cube. La position des raies est invariable. La diminution des coefficients ε est d'autant plus forte que la fréquence des transitions électroniques est plus élevée, sans qu'on puisse définir un seuil de fréquence en deçà duquel la loi de Beer s'appliquerait, laissant ainsi peu de place à l'hypothèse d'une prédissociation ([1]).

L'analyse des spectres d'absorption du chlorure de chromyle ([2]) et du brome permet d'attribuer à chaque transition électronique un niveau initial déterminé. On constate dans ces deux cas que la loi de Beer n'est valable que pour les transitions électroniques partant du niveau fondamental de la molécule. Ce résultat, joint à ceux déjà connus sur un grand nombre de vapeurs se généralise : la règle ci-dessus conditionnerait la validité de la loi de Beer.

Inversement on aurait ainsi une nouvelle méthode d'analyse des spectres d'absorption moléculaire, dans le domaine de densité considéré.

2. En présence d'un gaz étranger transparent et chimiquement inactif, les coefficients ε des trois vapeurs varient considérablement. L'effet qualitatif des gaz est indépendant du point étudié sur la courbe d'absorption de la vapeur et de la nature du gaz. Quand la quantité de gaz étranger augmente régulièrement, les coefficients ε passent par un maximum d'autant plus net que la densité initiale de la vapeur pure est plus faible. Ce maximum est aussi d'autant plus marqué que l'énergie mise en jeu dans la transition est plus forte.

Le rapport de la densité de la vapeur à la pression du gaz correspondant au maximum est constant pour chaque cas particulier. On trouve de plus que, pour une même vapeur, ce rapport varie en raison inverse de la masse moléculaire du gaz étranger. Partout la position des raies demeure invariable pour des pressions partielles de gaz ne dépassant pas une atmosphère.

([1]) Kondratiew et Polak, *Zeits. f. Phys.*, 76, 1932, p. 386.

([2]) Kantzer, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1226.

Ces résultats permettent de relier entre elles des conclusions disparates d'auteurs divers travaillant dans des domaines variés de densité de vapeur et de pression partielle des gaz ([3]). Ils permettent aussi d'orienter la technique des dosages spectroscopiques en milieu gazeux, en particulier dans l'étude des équilibres chimiques.

SPECTROSCOPIE. — *Modes de vibration et structure du groupement carboxyle dans les éthers-sels aliphatiques, étudiés au moyen des spectres d'absorption infrarouges.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Au moyen de spectromètres enregistreurs précédemment décrits, nous avons repris, dans le domaine 550-1700 cm^{-1}, l'étude des spectres d'absorption d'une trentaine d'éthers-sels organiques. Une partie de ceux-ci avait déjà été examinée par nous-même ou par d'autres auteurs ([1]), mais, jusqu'à présent, les interprétations des résultats étaient restées assez vagues. *Tous ces composés, sans exception, donnent lieu à une très forte absorption vers* 1710-1730 cm^{-1}, *et aux environs des fréquences suivantes :*

Formiates.	Acétates.	Propionates.	Butyrates.	Valérianates.	
–	610-630	600-630	600-630	595-630	cm^{-1}
750	725-780	730	750	720	»
–	–	800	790	790 (?)	»
830	840	840	850 (?)	830	»
920	920	950	920	875	»
–	980	1015	1000 (?)	955	»
1030	1030	1060	1085	1000	»
1150	1240	1175	1180	1170	»
1380	1380	1380	–	1260	»

Les régularités près de 600-630, *entre* 1000 *et* 1100, *entre* 1100 *et* 1240 *et vers* 1730 cm^{-1} *appartiennent en propre aux éthers-sels* : elles sont donc caractéristiques de la présence du groupement carboxyle dans la molécule. On peut ainsi, jusqu'à un certain point, faire abstraction du reste des atomes de la molécule, et étudier à part le groupement carboxyle.

II. Sans considérer les fréquences propres aux liaisons C—H, le formiate de méthyle, premier terme de la série des éthers-sels, possède les fréquences suivantes : 334 (Ra, *m*), 610 (Ra, *m*), 760 (I. R., F; Ra, *m*), 836 (I. R., *f*), 904-910 (I. R., F; Ra, F), 1012 (I. R., F; Ra, *f*), 1145-1157 (I. R., F; Ra, *f*), 1717-1730 (I. R. et Ra, F)([2]). En regardant les atomes d'hydrogène comme

([3]) Weisskopf, *Phys. Zeits.*, 34, 1933, p. 1.

([1]) W. W. Coblentz, *Carnegie Inst. Public.*, n° 35, 1905; W. Weniger, *Phys. Rev.*, 31, 1910, p. 388; J. Lecomte, *Thèse*, Paris, 1924 et article dans Grignard et Baud, *Traité de Chimie organique*, 2, 1936; R. Titeica, *Thèse*, Paris, 1933.

([2]) Pour le spectre de diffusion, nombres de K. W. F. Kohlrausch, F. Köppl et A. Pongratz; *Z. phys. Chem.*, B, 22, 1933, p. 359.

formant une masse unique avec les atomes de carbone, auxquels ils sont reliés, nous arrivons à un modèle moléculaire angulaire à quatre masses vibrantes : $O=(CH)-O-(CH^3)$, qui possède, on le sait, deux fréquences de valence symétriques (ω_1 et ω_2), une fréquence de valence antisymétrique (ω_4), deux fréquences de déformation, l'une symétrique et l'autre antisymétrique (ω_3 et ω_5) et une fréquence gauche (ω_6). Laissant de côté provisoirement les fréquences 334, 610 et 750 cm^{-1}, qui proviennent vraisemblablement de déformations de la molécule, nous sommes encore en présence de *cinq* fréquences fondamentales de valence, au lieu des *trois* que l'on prévoit. Il faut donc admettre *que le formiate de méthyle existe sous deux formes moléculaires, l'une dite « en cuvette », et l'autre dite « en chaise », ce qui conduit à six fréquences fondamentales de valence*, dont cinq sont distinctes (la vibration $C=O$ possédant, dans les deux configurations, des fréquences très voisines).

Le calcul des fréquences des cinq vibrations planes d'un modèle dissymétrique à quatre masses, *en chaise* (ω'_i) ou *en cuvette* (ω_i), i variant de 1 à 5, comme celui du formiate de méthyle, se ramène à la résolution d'un déterminant du cinquième degré, qui est fort pénible. Aussi étudierons-nous des modèles moléculaires simplifiés. Ainsi, pour le modèle moléculaire à trois masses $(O=CH)-O-(CH^3)$, nous considérerons deux configurations, avec un angle soit de 95°, soit de 120° environ, et avec des forces de valence ou de déformation respectivement soit de $4,14.10^5$ et $1,7.10^4$, soit de $4,36.10^5$ et $2,87.10^4$ dynes/cm. Avec ces nombres, on calcule, dans un cas, les fréquences de 597, 920 et 1150 cm^{-1} et, dans l'autre cas, de 331, 836, 1020 cm^{-1}, c'est-à-dire voisines des nombres observés.

Avec un modèle symétrique angulaire à quatre masses $X-Y-Y-X$, pour obtenir un ordre de grandeur des fréquences, nous avons effectué les calculs avec $X=16$, $Y=14$, $f_{X-Y}=f_{Y-Y}=4,55.10^5$, $d=4,88.10^4$ dynes/cm,

$$\omega_1=1182 \quad \omega_2=824 \quad \omega_3=298 \quad \omega_4=1123 \quad \omega_5=688\ cm^{-1}$$

$$\left(d=8.10^4\ \text{dynes/cm},\ \widehat{XYY}=120^\circ\right)$$

$$\omega'_1=1250 \quad \omega'_2=948 \quad \omega'_3=482 \quad \omega'_4=979 \quad \omega'_5=478\ cm^{-1}$$

$$\left(d=10^5\ \text{dynes/cm},\ \widehat{XYY}=90^\circ\right).$$

Si l'on considère alors le modèle dissymétrique $X=Y-Y-X$, analogue au formiate de méthyle, d'après les calculs approximatifs précédents, il semble que l'on puisse adopter les identifications suivantes : ω_1 ω'_1 1717-1730, ω_2 ω'_2 836 et 904-910, ω'_4 ω_4 1012 et 1145-1157, ω_3 ω'_3 334 et 610 ω_5 750 cm^{-1}.

III. En raisonnant par analogie, il semble vraisemblable que, pour les autres éthers-sels organiques, il faille aussi admettre l'existence de deux formes moléculaires distinctes. *Il apparaît ainsi une grande différence entre les vibrations propres et la structure du groupement carboxyle, dans les éthers-sels orga-*

niques et dans les sels métalliques des mêmes acides. Nous avons montré [3] que, dans ce dernier cas, il existait une résonance entre les liaisons des deux atomes d'oxygène reliés au même atome de carbone, et que les vibrations de ce modèle se plaçaient entre 1350 et 1550 (valence) et vers 850 cm^{-1} (déformation). Lorsque l'on passe aux éthers-sels, avec une *double liaison* et une *simple liaison* entre le carbone et l'oxygène, conformément à l'écriture habituelle, suivant la forme moléculaire, l'une des vibrations de valence s'élève jusque vers 1730 cm^{-1}, l'autre s'abaisse, soit vers 1150-1240, soit vers 1000-1100 cm^{-1}, et la vibration de déformation émigre soit vers 600 cm^{-1}, soit vers une fréquence beaucoup plus basse (300 à 350 cm^{-1}).

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Dispositif optique simple permettant le repérage du déplacement des protéides au cours de leur séparation par électrophorèse.* Note de MM. **Michel Machebœuf** et **Alexandre-Marcel Monnier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On connaît les beaux résultats obtenus par Tiselius [1] avec un appareil permettant de suivre optiquement le déplacement des protéides sous l'influence d'un champ électrique. Malheureusement cet appareil comporte une tubulure à faces parallèles très coûteuse et un système optique complexe pour le repérage des frontières entre les fractions protéidiques. L'un de nous a réalisé [2] un appareil simple permettant de recueillir isolément des fractions séparées par électrophorèse, mais cet appareil ne permettait par le repérage optique des frontières. Nous apportons ici le moyen simple d'effectuer ce repérage.

Principe. — Si des rayons lumineux, issus d'une source ponctuelle lointaine, traversent une colonne liquide présentant une zone d'indice de réfraction variable, ils subissent une courbure vers les indices croissants. L'ensemble des rayons ainsi déviés va se croiser, au delà de la colonne liquide, avec les rayons qui passent sans déviation dans la zone d'indice constant sous-jacente. Il en résulte une sorte de caustique, dont l'épaisseur se réduit considérablement à une certaine distance de la colonne liquide. Sur un écran placé à cette distance, on observe une strie lumineuse étroite, côtoyée par une bande sombre; une telle strie est le signe visible de la frontière entre deux couches liquides superposées d'indices différents. Pour que la strie soit fine et nette, on doit trouver, par tâtonnements, la distance optima pour laquelle l'écran coupe la partie la plus étroite de la caustique. Cette distance est d'autant plus courte que la

---

(3) Cl. Duval, J. Lecomte et Mme F. Douvillé, *Ann. de Phys.*, 17, 1942, p. 5.

(1) Tiselius, *Thèse inaugurale*, Upsala, 1930; *Koll. Zeitsch.*, 85, 1938, p. 129; *Trans. Faraday Soc.*, 33, 1937, p. 524.

(2) M. Macheboeuf, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1241.

variation d'indice au niveau de la frontière est plus abrupte. S'il y a plusieurs couches liquides superposées, la mise au point peut différer pour chaque frontière.

Réalisation. — Pour appliquer ce principe optique à un appareil à électrophorèse, il faudrait un long tube à faces parallèles très onéreux, mais nous utilisons un vulgaire tube cylindrique de verre. Dans ce cas les rayons convergent à très courte distance, au delà du tube en une droite parallèle à l'axe du tube, car le tube plein de liquide se comporte sensiblement comme une lentille cylindrique. Au delà de cette ligne focale, les rayons divergent considérablement, de sorte que l'éclairement diminue très rapidement, en fonction de l'éloignement de l'écran. Tel quel, ce système ne permettrait donc pas l'examen d'une strie lumineuse, qu'à une très petite distance de la ligne focale, et il ne pourrait mettre en évidence que des frontières correspondant à de forts gradients d'indice. Pour obvier à cet inconvénient, nous avons réalisé un système cylindrique afocal en disposant une lentille cylindrique parallèle au tube, la droite focale, objet de cette lentille, étant confondue avec la droite focale image du tube. Les rayons, après avoir traversé le tube et la lentille cylindrique, constituent un faisceau parallèle, et l'éclairement de l'écran, quelle que soit sa distance, est toujours suffisant.

Choix du tube. — On choisit quelques tubes de verre bien rectilignes, ne présentant pas de défaut apparent à la loupe. On les remplit d'eau, puis on les fait défiler derrière la lentille cylindrique en faisant, pour chacun, coïncider la ligne focale avec celle de la lentille; on repère tous les défauts visibles sur l'écran et l'on trouve facilement une portion de 25^{cm} sans défaut. C'est cette portion que l'on utilise pour réaliser la partie ascendante d'un appareil identique à celui décrit par l'un de nous ([2]), mais en s'abstenant d'y percer des orifices de prélèvement.

Lentille. — On peut remplacer la lentille cylindrique par un dernier tube de verre rempli d'eau, mais le résultat est moins bon pour deux raisons : 1° les aberrations dues aux légères irrégularités du deuxième tube s'ajoutent à celles du premier; 2° le système conduit à employer des faisceaux de grande ouverture, d'où aberration notable. Il faudrait réduire l'ouverture des faisceaux au moyen d'une fente verticale et la zone éclairée sur l'écran serait trop étroite. Au contraire, la lentille cylindrique, si sa distance focale est suffisante, permet d'éclairer une zone suffisamment large, correspondant cependant à un angle d'ouverture assez faible.

Repérage. — Pour repérer les frontières, on utilise quelques artifices simples : 1° autour de la lentille, on dispose une plaque métallique masquant les rayons inutiles; une large fente découpée dans cette plaque, parallèlement au tube, est munie d'une glace portant des traits équidistants. Ceci réalise une échelle qui se projette sur l'écran et permet le repérage des stries; 2° comme les rayons traversant une zone frontière sont infléchis, la position de la strie lumi-

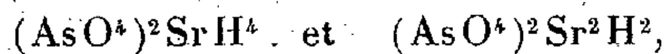
neuse sur l'écran est différente de la position qui correspondrait à une simple projection de la frontière. Pour obvier à cet inconvénient, on dispose, près du tube laboratoire, un cadre coulissant parallèlement à ce tube et portant un fil fin tendu horizontalement. On déplace le cadre jusqu'à ce que l'image du fil sur l'écran se superpose à la strie lumineuse, et l'on repère, sur l'échelle, l'ombre du fil dont la position correspond à une projection vraie. Le fil permet, en outre, une vérification de l'existence d'une frontière peu nette, car l'image du fil, formée par les rayons qui ont traversé le tube, est décalée par rapport à l'ombre du fil qui se forme à côté, sur l'échelle, par simple projection. Le décalage est net, et si l'on fait mouvoir lentement le fil, on note un saut de l'image lorsque l'on passe devant une frontière. Il ne s'agit pas seulement d'un saut, il y a diminution de l'obscurité produite par le fil.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arséniates alcalinoterreux. Étude du système* $As^2O^5.OSr.OH^2$. Note de MM. **Henri Guérin** et **Serge Michel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Afin de compléter nos connaissances sur les arséniates alcalinoterreux, nous avons étendu aux sels de strontium les recherches faites précédemment par l'un de nous sur les systèmes


$As^2O^5.OBa.OH^2$ (1) et $As^2O^5.OCa.OH^2$ (2).

Alors qu'un examen du système As^2O^5 — OSr, — OH^2, limité à la température de 25° et au seul domaine acide, n'avait permis à H. Tartar, M. Rice et B. Sweo (3) de n'identifier que les deux sels


$(AsO^4)^2SrH^4$ et $(AsO^4)^2Sr^2H^2$,

l'étude complète des régions acide et basique, effectuée, d'une part à la température ordinaire (17°), d'autre part à 60°, nous a conduit à caractériser, soit par la méthode des restes, complétée par l'analyse directe, soit uniquement par cette dernière, les diverses phases solides indiquées dans le tableau ci-contre, où figurent également la composition et le pH des solutions délimitant leurs domaines d'existence.

---

(1) H. Guérin, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1300; *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1472.

(2) H. Guérin, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1016; **213**, 1941, p. 544; *Ann. Chim.*, **16**, 1941, p. 101.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 3949.

Température.	Phase solide.	pH.	Solution. As^2O^5 %.	OSr %.	Rapport $\frac{\text{Mol. OSr}}{\text{Mol. As}^2\text{O}^5}$
17°	$(AsO^4)^2SrH^4$	–	71,5	traces	–
	$(AsO^4)^2Sr^2H^2.2OH^2$	2,4	17,0	7,3	0,95
	$(AsO^4)^2Sr^2H^2.3OH^2$	6,0	1,0	0,5	1,11
	$(AsO^4)^2Sr^3.aq$	8,2	0,21	0,19	2,0
		–	traces	0,5	–
60°	$(AsO^4)^2SrH^4$	–	72,0	traces	–
	$(AsO^4)^2Sr^2H^2$	2,4	17,5	7,3	–
	$2As^2O^5.5OSr.3OH^2$	6,0	0,28	0,14	1,15
	$(AsO^4)^2Sr^3.OH^2$	7,8	0,025	0,026	1,34
	$As^2O^5.4OSr.OH^2$	8,4	0,017	0,027	3,52
		–	traces	1,0	–

Ces résultats et ceux de certains essais entre 17 et 60°, opérés afin de préciser les transformations subies par les différents sels entre ces deux températures, permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° Entre 17 et 60°, l'arséniate de strontium le plus acide est l'*orthoarséniate monostrontique anhydre* $(AsO^4)^2SrH^4$, qui est hydrolysable.

2° A la température ordinaire, l'*orthoarséniate distrontique* peut être *di ou trihydraté*. Le dihydrate, seul arséniate distrontique prenant naissance entre 30 et 50°, se déshydrate au voisinage de 50°, avec formation du sel anhydre $(AsO^4)^2SrH^4$, seule stable à 60°.

3° A 17°, l'orthoarséniate distrontique est peu soluble dans l'eau (environ $0^g,45$ de sel anhydre dans 100^g de solution). A 60°, il s'hydrolyse très facilement en donnant du *diarséniate pentastrontique* $2As^2O^5.5OSr.3OH^2$, sel qui n'avait pas été signalé jusqu'ici.

4° L'*orthoarséniate tristrontique* est très peu soluble dans l'eau : $0^g,027$ de sel anhydre dans 100^g de solution à 17°; à cette température, sa teneur en eau, voisine de 36 %, correspond à celle d'un *hydrate à* 17^{mol} d'eau. Dès que la température s'élève au-dessus de 20°, les cristaux, vraisemblablement orthorhombiques qui le constituent, se transforment rapidement en lamelles ne contenant plus que 15,5 % d'eau; cette teneur est voisine de celle d'un *hydrate à* $5^{mol},5$ d'eau. Entre 50 et 60°, une nouvelle déshydratation conduit au *monohydrate*.

5° Stable à 17°, au contact des solutions aqueuses de strontiane, l'arséniate tristrontique fournit dès 30°, avec celles-ci, un *arséniate tétrastrontique* $As^2O^5.4OSr.OH^2$, inconnu jusqu'ici.

En résumé, alors que l'étude complète du système $As^2O^5—OSr—OH^2$ ne permet d'identifier, à la température ordinaire, que les orthoarséniates classiques : mono, di et tristrontiques, l'examen de ce système à 60° révèle l'existence de cinq phases solides caractérisées par des rapports OSr/As^2O^5,

différents : les orthoarséniates mono, di et tristrontiques et deux sels nouveaux : le diarséniate pentastrontique $2As^2O^5.5OSr.3OH^2$ et l'arséniate tétrastrontique $As^2O^5.4OSr.OH^2$.

LITHOLOGIE. — *Le métamorphisme autour du granite de Vire et le gisement de ce granite.* Note de M. **Gilbert Mathieu.**

Le granite de Vire, situé dans le Bocage normand, forme deux massifs allongés, grossièrement parallèles : celui de Vire proprement dit et celui d'Avranches, plus étroit. Il apparaît au milieu du schiste briovérien X des feuilles de Coutances et d'Avranches de la Carte géologique et recoupe le grès feldspathique cambrien à Villedieu-les-Poëles et le grès armoricain à Mortain.

I. Le métamorphisme du Briovérien consiste essentiellement dans la production massive de petites paillettes de biotite qui se développent entre les grains de quartz détritiques des schistes et des grauwackes. Ces biotites ont en section la forme de petits bâtonnets. On rencontre aussi la muscovite, mais elle ne réalise pas de formes cristallines bien définies, parce qu'elle englobe les quartz détritiques. C'est une muscovite agglutinante de disposition intersticielle (Bains de Carolles). On voit, en lames minces, que la formation de la muscovite est postérieure à la cristallisation de la biotite, car cette dernière est souvent englobée dans de grandes plages de muscovite (Saint-Pois). Enfin, très souvent, on voit qu'au milieu du sédiment briovérien à éléments très fins se sont développées des grappes ou des amandes de quartz en jeu de patience, soit vers le contact (Saint-Pois, Saint-Jean-le-Thomas), soit à 1^{km} de distance (Vieuxviel).

Il faut souligner que toutes les lames minces que l'on peut faire dans le Briovérien métamorphique ne montrent que de vieux feldspaths détritiques, feldspaths calcosodiques (dont les macles polysynthétiques n'ont plus d'extinction nette) avec des contours arrondis. Tout apport feldspathique nouveau susceptible de produire des cristaux de néogénèse d'aspect plus frais est donc exclu. Au contraire le granite de Plouaret (dans la région de Lannion) a produit des feldspaths, principalement du microcline, dans le grès armoricain de Kervizien-en-Caouennec. Les bandes de grès feldspathisé de Lannion sont des exemples d'une modification profonde d'une roche qui, en général, se montre peu sensible au métamorphisme. L'auréole de métamorphisme du granite de Vire et d'Avranches ne montre nulle part de feldspathisation.

2. Au contact même du Briovérien métamorphique et du granite de Vire et d'Avranches, il y a toujours un passage brusque entre la roche éruptive et le schiste à biotite devenu corné. Dans le contact vu en lame mince, on remarque une étroite bande d'imprégnation du Briovérien par du quartz, lardé de

muscovite (Bains de Carolles). Ailleurs (Carolles) domine la chlorite en cristaux d'allure déchiquetée. Au contact du granite et du grès armoricain, au Neufbourg, près de Mortain, le métamorphisme est faible : des muscovites, des grappes de quartz en jeu de patience qui tranchent sur les quartz arrondis détritiques; il n'y a eu quartzification que sur quelques centimètres.

En résumé, pas plus dans ses contacts immédiats que dans son auréole de métamorphisme, telle qu'on la voit en affleurement, le granite de Vire et d'Avranches n'a modifié profondément les terrains encaissants. S'il a produit des schistes tachetés et des cornéites, il n'a pas granitisé des espaces très importants comme a fait le granite de Rostrenen dans le Bassin de Châteaulin (gisement rendu classique par Ch. Barrois). Mais, dans le Massif armoricain, il existe d'autres granites qui, quant à eux, passent insensiblement aux schistes primaires par des roches qui sont de véritables granites feuilletés (le granite de Kersaint passe latéralement au schiste de Landerneau par des schistes feldspathisés, dits *gneiss de Brest*). De tels batholites sont en place au milieu de leurs auréoles de métamorphisme qui comprennent une zone de feldspathisation; ils peuvent être considérés comme le résultat de la consolidation d'un magma refroidi lentement en profondeur. Si le granite de Vire et d'Avranches est en contact brusque avec sa propre zone d'épimétamorphisme, c'est que sa zone de feldspathisation est restée en profondeur, et l'on peut imaginer que le magma, au cours de son refroidissement, s'est déplacé au travers de ses auréoles de métamorphisme, gagnant des zones supérieures à la manière d'un véritable diapyr. Ainsi peut-on concevoir des granites diapyriques qui trouent brusquement les sédiments, suivant l'image de « l'abcès qui crève au travers des chairs, épuisant son bourbillon » évoquée par M. Jacques de Lapparent (¹) dans sa *Logique des Minéraux du Granite*.

La position tectonique des deux massifs parallèles de Vire et d'Avranches, allongés suivant les axes des plis du Bocage normand, vient encore étayer cette théorie. Le gisement du massif Avranches-Mortain est si semblable à celui d'un dyke que l'on a pu discuter la question de savoir si ses contours étaient faillés. Bien qu'en réalité il recoupe les terrains encaissants par des filonnets, son action de contact est fort réduite : au cours de sa montée, il s'était notablement refroidi et son action s'est bornée à des condensations fumerolliennes d'où sont issues les granulites de bordure. La mise en place de tels granites a donc eu lieu pendant une ère de plissement, et nous pouvons préciser que les petits bâtonnets de biotite du Briovérien métamorphique se sont produits pendant la phase de tension, tandis que la muscovite, qui remplit les espaces vides, se présente comme un minéral de détente.

(¹) Jacques de Lapparent, *Revue scientifique*, nos 5-6, mai-juin, 1941, pp. 285 à 292.

PALÉOBOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur* Grammatopteris Rigolloti. Note de M. **Paul Corsin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le genre *Grammatopteris* (ordre des Inversicaténales, famille des Anachoroptéridées) est représenté par trois espèces : *Gr. Rigolloti* Renault, du Permien d'Autun; *Gr. Baldaufi* (Beck) Hirmer, du Permien de Chemnitz et *Gr. Bertrandi* Corsin, du Viséen d'Esnost.

Les deux premières ne sont connues que par leurs stipes (tiges garnies d'un manchon de pétioles coalescents), tandis que *Gr. Bertrandi* nous est révélé seulement par des pétioles isolés. Les documents relatifs à ces trois espèces se complètent donc mutuellement et nos connaissances sur le genre *Grammatopteris* se sont grandement accrues grâce à la découverte du *Gr. Bertrandi*.

On pouvait néanmoins se demander si le faisceau vasculaire de *Gr. Rigolloti*, par exemple, restait, dans les pétioles libres, aussi simple que le montrent les sections des pétioles les plus éloignés du centre de la tige, mais encore adhérents à cette tige. La découverte, dans un lot de préparation provenant du Permien d'Autun, de pétioles de *Grammatopteris* complètement isolés du stipe, permet, maintenant, de compléter les résultats de notre étude sur *Gr. Rigolloti* ([1]).

Il s'agit de six lames minces portant le numéro 1598 et montrant quatre sections d'un même pétiole primaire, deux sections de pétioles secondaires et une très fine ramification (probablement pétiole tertiaire). Le faisceau du pétiole primaire est tout à fait identique au faisceau vasculaire A = —22 de l'échantillon co-type de *Gr. Rigolloti* ([2]). L'assimilation de ce pétiole isolé à cette dernière espèce est donc pleinement justifiée.

Pétiole primaire. — En section transversale, le pétiole primaire de *Gr. Rigolloti* a un contour subcirculaire avec une gouttière très nette sur la face antérieure. Il mesure environ 3^{mm} de rayon. Immédiatement sous l'épiderme se trouve une zone sclérifiée formée de 6 à 8 couches de cellules fibreuses, de petite taille, à allure hexagonale et à parois très épaissies. Puis vient, à l'intérieur de cette gaine mécanique, le parenchyme fondamental formé d'éléments à parois minces. Le faisceau est subcentral, son contour est ovale ou rectangulaire avec angles arrondis, il est allongé transversalement. L'endoderme, le péricycle et le liber sont assez mal conservés et visibles par places seulement. Le bois est composé de trachéides, les plus grosses ayant une position centrale, et de trachées beaucoup plus petites formant deux pointements fondamentaux situés adaxialement. Les dimensions ($1^{mm},5 \times 0^{mm},375$) de ce système vasculaire sont exactement les mêmes que celles de la trace

([1]) Paul Corsin, *Thèse*, Lille, 1937, pp. 1-64.
([2]) *Op. cit.*, pl. VII, figure 7.

foliaire la plus éloignée du cylindre central de l'échantillon co-type *Gr. Rigolotti* (A = — 22).

Sorties destinées aux pétioles secondaires. — Les sorties destinées aux pétioles secondaires se font alternativement à droite et à gauche du faisceau du pétiole primaire. Le pôle fondamental se divise en deux pointements dont le pôle sortant situé vers l'extérieur; en même temps le métaxylème placé derrière ce dernier se développe et finalement la sortie (métaxylème + pôle sortant) s'effectue sous forme d'une masse pleine, ovale, allongée dans le sens antéro-postérieur, avec un pôle unique (protostèle à pôle endarche).

Pétioles secondaires. — Les pétioles secondaires s'individualisent dans le plan latéro-antérieur. Ils ont en section transversale le même contour que le pétiole primaire, mais ils sont de dimensions beaucoup plus petites, leur diamètre étant la moitié ou le tiers du diamètre de ceux-là. Leur faisceau vasculaire a, en plus petit, la même forme que celui du pétiole primaire.

Pétiole tertiaire. — Quant au système vasculaire des fines ramifications (pétioles tertiaires), il est constitué par une masse arrondie de métaxylème avec un seul pôle médian et antérieur identique, sauf en ce qui concerne la taille, au faisceau des pétioles primaires, secondaires et tertiaires de *Botryopteris antiqua* (protostèle à pôle endarche ou divergent de Ch. Bertrand).

En résumé, le faisceau pétiolaire de *Gr. Rigolloti* a exactement les mêmes caractéristiques que celui de *Gr. Bertrandi*, il est cependant de plus grande taille. La forme des pétioles primaires de ces deux espèces ne diffère que par la présence d'une gouttière antérieure chez *Gr. Rigolloti*. La préparation, l'individualisation des sorties destinées aux pétioles secondaires, de même que l'insertion de ces pétioles sur les pétioles primaires, sont identiques chez *Gr. Rigolloti* et chez *Gr. Bertrandi*.

La découverte de pétioles isolés de *Gr. Rigolloti* montre donc bien que chez cette espèce, la structure des pétioles reste aussi simple que l'avait révélé l'étude du stipe. D'autre part l'étroite parenté qui existe entre *Gr. Rigolloti* et *Gr. Bertrandi*, confirme l'ancienneté du genre *Grammatopteris*, qui représente un terme intermédiaire entre *Botryopteris antiqua* et l'*Anachoropteris Gilloti*, le plus simple des *Anachoropteris*.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la conjugaison chromosomique autosyndétique de quelques hybrides* Raphanobrassica. Note de MM. **Marc Simonet** et **Robert Chopinet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'un de nous, étudiant la méiose de l'*Iris autosyndetica*, hybride à $2n\,46$ réalisé entre espèces tétraploïdes, *I. Hoogiana* ($2n\,22$), *I. macrantha* ($n\,24$) appartenant à des sections bien distinctes *Regelia* et *Pogoniris* (*Pogoregelia*), a signalé, pour la première fois, la possibilité d'une conjugaison autosyndétique

totale aboutissant à la formation régulière de gamètes ayant un même ensemble chromosomique à n23 ([1]). Les garnitures en présence étant diploïdes et dissemblables, nous avons pu montrer, par l'étude des chiasmata, que la conjugaison s'effectuait régulièrement deux à deux, entre chromosomes propres à l'un ou l'autre parent.

Deux nouveaux hybrides autosyndétiques furent par la suite signalés ([2]), et, bien qu'interfertiles, la descendance obtenue, depuis six années, n'a pas encore fleuri; aussi, dans le but de compléter cette première étude, plusieurs hybrides susceptibles d'avoir un même comportement ont été effectués à la Villa Thuret, tels des *Raphanobrassica* que les beaux travaux de Karpechenko ont déjà fait connaître ([3]).

Les combinaisons ont été réalisées entre *Raphanus sativus* L. var. *niger* Pers. (Radis noir, gros, long d'hiver) et deux sortes de *Brassica oleracea* L., l'une var. *Sabauda* L. (Chou de Milan, très hâtif, de la Saint-Jean), l'autre var. *gemmifera* D. C. (Chou de Bruxelles, demi-nain, de la Halle). Les trois variétés utilisées sont des autotétraploïdes (n18) réalisés après traitement à la colchicine; et, dans les deux cas, le Radis fut employé comme géniteur ♀. Une soixantaine de jeunes plantes furent obtenues, toutes sont morphologiquement intermédiaires entre les espèces parentes par leur feuillage lobé, incisé comme chez les *Raphanus*, glabre ou glabrescent comme chez les *Brassica*; en outre, elles se caractérisèrent très vite par une vigueur remarquable (Hétérosis).

La méïose de neuf hybrides, tous à $2n$36, vient d'être étudiée. Qu'ils appartiennent à l'une ou l'autre combinaison, la réduction chromatique s'est montrée tout à fait régulière à n18; ce qui semblerait montrer que les espèces autotétraploïdes parentes à méïose irrégulière sont à même de donner des gamètes à garnitures chromosomiques équilibrées. A la métaphase hétérotypique, 18 gemini sont formés (quelques rares univalents ont très exceptionnellement été observés). A l'anaphase, les chromoses disjoints sont également répartis en deux groupes vers les pôles de l'image caryocinétique. A la métaphase homéotypique, les deux plaques équatoriales contiennent chacune 18 chromosomes. Finalement les tétrades formées sont normalement constituées.

La régularité de la méïose n'a certainement pas pour origine une conjugaison allosyndétique des deux garnitures chromosomiques en présence; celle-ci n'existait pas chez les *Raphanobrassica* diploïdes de Karpechenko, dont la méïose était, au contraire, caractérisée par une asyndèse totale, les deux compléments haploïdes (n9) n'ayant aucune affinité. Aussi, dans les hybrides

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1173.
([2]) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 69, p. 178.
([3]) *Bull. Appl. Bot. Genetics and Pl. Breed.*, 17, 1927, p. 305.

tétraploïdes actuels, les stocks chromosomiques des géniteurs, qui n'ont certainement pas plus d'affinité pour montrer l'allosyndèse, subissent, par suite de leur contribution diploïde (n 18), au lieu de l'asyndèse précitée, une conjugaison autosyndétique complète des chromosomes *Raphanus*, d'une part, *Brassica*, d'autre part. C'est d'ailleurs cette régularité méiotique qu'a observée Karpechenko chez un *Raphanobrassica* amphidiploïde.

Ce comportement de nos hybrides est comparable à celui noté chez l'*Iris autosyndetica*, qui ne peut montrer une autosyndèse totale qu'autant qu'il est tétraploïde et réalisé entre espèces bien distinctes; de même, l'asyndèse est présente lorsque les *Pogoregelia* sont diploïdes.

Dans le cas présent, les faits relatifs au comportement des chromosomes à la méïose sont en faveur d'une conjugaison autosyndétique, mais il est difficile d'en apporter la preuve chromosomique par l'étude des chiasmata, les chromosomes ne montrant guère de différences dans leur taille et leur forme. Il en sera tout autrement avec la preuve génétique, si aucun phénomène d'autostérilité n'intervient, puisque les caractères végétatifs qui s'opposent résultent de combinaisons intergénériques. Suivant l'éventualité qui se présentera, la descendance montrera au cours des générations successives : avec l'autosyndèse, une homogénéité morphologique parfaite, et c'est ainsi que se comportent les *Raphanobrassica* tétraploïdes de Karpechenko; avec l'allosyndèse, dès la F^2, une hétérogénéité due à une disjonction, alors possible, des caractères spécifiques propres aux espèces parentes.

Remarquons encore que la méïose a, suivant qu'il s'agit des hybrides des espèces parentes, un comportement différent intéressant le généticiste; régulier chez les premiers, par suite d'une autosyndèse totale n'autorisant que la formation de chromosomes bivalents; irréguliers chez les seconds, par suite d'une autotétraploïdie favorisant des combinaisons hétérovalentes (uni- bi- tri- et tétravalents).

En résumé, l'hybridation de types tétraploïdes ou autotétraploïdes, lorsque les garnitures chromosomiques sont bien équilibrées et ont entre elles un degré de dissemblance suffisant, permet l'autosyndèse, c'est-à-dire la réalisation d'emblée de types intermédiaires nouveaux avec une régularité méiotique qui, dans les cas d'autotétraploïdie, faisait gravement défaut chez les espèces parentes. Ce fait n'est pas sans intérêt pour l'amélioration de certains mutants colchiciniques dont la fertilité est précisément réduite par les anomalies caryologiques dues à l'autotétraploïdie.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le déchet, invalidant la loi d'Abney, dans l'additivité infraliminaire de radiations complémentaires en vision fovéale.* Note [1] de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai signalé précédemment une infraction nette à la loi d'Abney dans l'addition de flux complémentaires, en vision fovéale, cette addition comportant un déchet dont l'évaluation exacte était toutefois rendue difficile en raison des causes d'erreur de la photométrie hétérochrome, et en particulier de la surévaluation chromatique des brillances [2].

J'ai repris la question, en évitant toute comparaison photométrique, par addition de flux infraliminaires, avec la même méthode que précédemment. La fixation de l'œil était obtenue par observation de la base d'une plage rouge rectangulaire (flux de 640$^{m\mu}$) au-dessous de laquelle se projetait la plage dont on recherchait le seuil, plage de 24′ de large sur 32′ de haut, donc strictement fovéale. Après détermination du seuil pour un flux d'un λ déterminé (480, 540, 580 ou 640$^{m\mu}$), la valeur de ce flux était réduite d'un cinquième, et rendue ainsi nettement infraliminaire, et l'on recherchait le seuil d'apparition pour un flux qui lui était superposé, en utilisant une série de λ différents, puis pour ce second flux, mais cette fois isolé. La comparaison des deux valeurs permettait de déterminer l'économie dans l'énergie qui devait être apportée par le second flux pour atteindre le seuil additif, en fonction du λ.

Voici une série de valeurs obtenues (moyenne de deux observateurs) :

1° Flux fixe de 480$^{m\mu}$,

λ	440.	480.	500.	540.	580.	600.	640.
Économie %	74	56	58	47	5	21	47

2° Flux fixe de 540$^{m\mu}$,

λ	440.	480.	500.	540.	580.	600.	640.
Économie %	75	87	78	76	67	38	11

3° Flux fixe de 580$^{m\mu}$,

λ	440.	480.	500.	540.	580.	640.
Économie %	15	24	67	79	79	73

4° Flux fixe de 640$^{m\mu}$,

λ	440.	480.	520.	540.	560.	580.	600.	640.
Économie %	55	42	22	9	18	43	50	70

Il apparaît donc nettement un déchet notable dans l'additivité infraliminaire

---

(1) Séance du 22 juin 1942.

(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 284.

des flux complémentaires, déchet qui doit être rapproché de l'antagonisme chromatique.

En ce qui concerne la cause de ce déchet, on peut éliminer un antagonisme physique dans le mélange des radiations. En effet j'ai vérifié que, dans le processus d'addition latente réalisé quand les deux flux agissent successivement, sans être superposés, un déchet analogue se manifeste encore.

Un premier flux, de niveau infraliminaire, agissant pendant $0^s,25$, on détermine le seuil de visibilité d'un deuxième flux, survenant immédiatement après, et durant $0^s,25$ également.

Voici les résultats obtenus (moyenne de 2 observateurs) en économie sur ce second flux :

Flux initial de $640^{m\mu}$.

λ......	440.	480.	520.	540.	560.	580.	600.	640.
Economie %...	31	30	20	11	22	28	28	28

En faisant intervenir une sommation nerveuse des effets des excitations, portant à peu près également sur des récepteurs différents (avec des substances photosensibles à caractéristiques distinctes, dont von Studnitz vient de montrer l'existence), on peut comprendre le caractère moins complet de cette sommation, dans le cas de complémentaires, que lorsque c'est un seul récepteur qui est, sinon exclusivement, du moins principalement intéressé par l'excitation. Le fait d'une additivité assez grande entre radiations extrêmes du spectre est en accord avec une efficience analogue de ces radiations, signalée par von Studnitz, sur les substances photochimiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'activation et l'inhibition des phosphatases par l'ion magnésium.* Note de MM. **Jean Roche** et **Nguyen van Thoai**, présentée par M. Maurice Javillier.

La phosphatase de pH optimum 9,0 présente dans les organes animaux (os, rein, intestin, foie) est activée par les sels de magnésium (Erdtmann, Jenner et Kay), tandis que celle des Basidiomycètes est inhibée par les mêmes corps à son pH optimum de 5,4 (Nguyen van Thoai). Nous nous sommes proposé d'étudier comparativement l'influence de l'ion Mg^{++} sur ces deux enzymes dans le but d'en expliquer le mécanisme.

Pour Erdtmann, l'activation de la phosphatase du rein par Mg^{++} relèverait partiellement de l'inhibition de l'action défavorable des ions $PO_4^{\equiv}$ libérés par l'hydrolyse du substrat. Nous avons constaté qu'il en est bien ainsi en faisant agir l'enzyme intestinal (Chien) sur du β-glycérophosphate de sodium à pH 9,0 en présence de quantités croissantes de phosphate disodique additionnées ou non de sulfate de magnésium (M/1000 à M/100); l'action inhibitrice de $PO_4^{\equiv}$ est alors fortement diminuée par Mg^{++}. Il en est de même lors de l'hydrolyse de

l'ester à pH 5,4 par la phosphatase du Lactaire délicieux, du Scléroderme, et cela bien que celle-ci soit inhibée par Mg^{++} [1]. Les sels de magnésium exercent donc dans les deux cas une protection de l'enzyme contre l'inhibition progressive due à la libération d'ions phosphoriques au cours de l'hydrolyse des esters.

Leur action ne saurait toutefois pas être entièrement expliquée ainsi, car ils activent la phosphatase de l'intestin et inhibent celle des Basidiomycètes, même en présence de phosphates. Dès lors nous avons pensé que Mg^{++} pouvait modifier l'affinité K_M de l'enzyme pour le substrat. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons déterminé la valeur de K_M (inverse de la constante de dissociation de la combinaison enzyme-substrat établie selon Michaëlis et Menten) lors de l'action des phosphatases de l'intestin (pH 9,0) et des Basidiomycètes (pH 5,4) sur le β-glycérophosphate de sodium en la présence et en l'absence de sulfate de magnésium. Voici les résultats obtenus dans une expérience où la vitesse initiale de la réaction, permettant de calculer la constante de dissociation de la combinaison enzyme-substrat, a été déterminée pour les concentrations en ester [S] comprises entre — log[S] 3,00 et 1,30 :

Origine de l'enzyme.	pH optimum d'action.	Affinité K_M [Mg] = 0.	[Mg] M/1000.	[Mg] M/100.	[Mg] M/10.
Intestin (Chien)....	9,0	107	135	172	–
Lactaire..........	5,4	158	–	126	80

L'affinité de l'enzyme pour le substrat est donc *diminuée* par Mg^{++} dans le cas de la phosphatase des Basidiomycètes, inhibée par cet ion à pH 5,4, et *augmentée* dans le cas de la phosphatase de l'intestin, activée par le même ion à pH 9,0.

Conclusions. — Les sels de magnésium exercent sur la phosphatase de l'intestin et des Basidiomycètes une action double, à savoir une action directe sur l'enzyme, dont ils modifient l'affinité pour le substrat (augmentation de K_M lors de l'activation de la phosphatase intestinale à pH 9,0 et diminution de K_M lors de l'inhibition de la phosphatase des Basidiomycètes à pH 5,4) et une action indirecte antagoniste de l'effet inhibiteur des phosphates libérés par l'hydrolyse du substrat. Il est probable que la première est due à la combinaison du magnésium à l'apoenzyme, tandis que la seconde peut tenir à la formation d'un phosphate de magnésium ou à l'influence indirecte de Mg^{++} sur les groupes actifs de l'enzyme auxquels se fixe $PO_4^{\equiv}$.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h55m.

A. Lx.

---

(1) Nous avons, en outre, établi que l'action inhibitrice sur ces enzymes des arséniates, sels chimiquement très voisins des phosphates, est gênée par la présence de sulfate de magnésium.

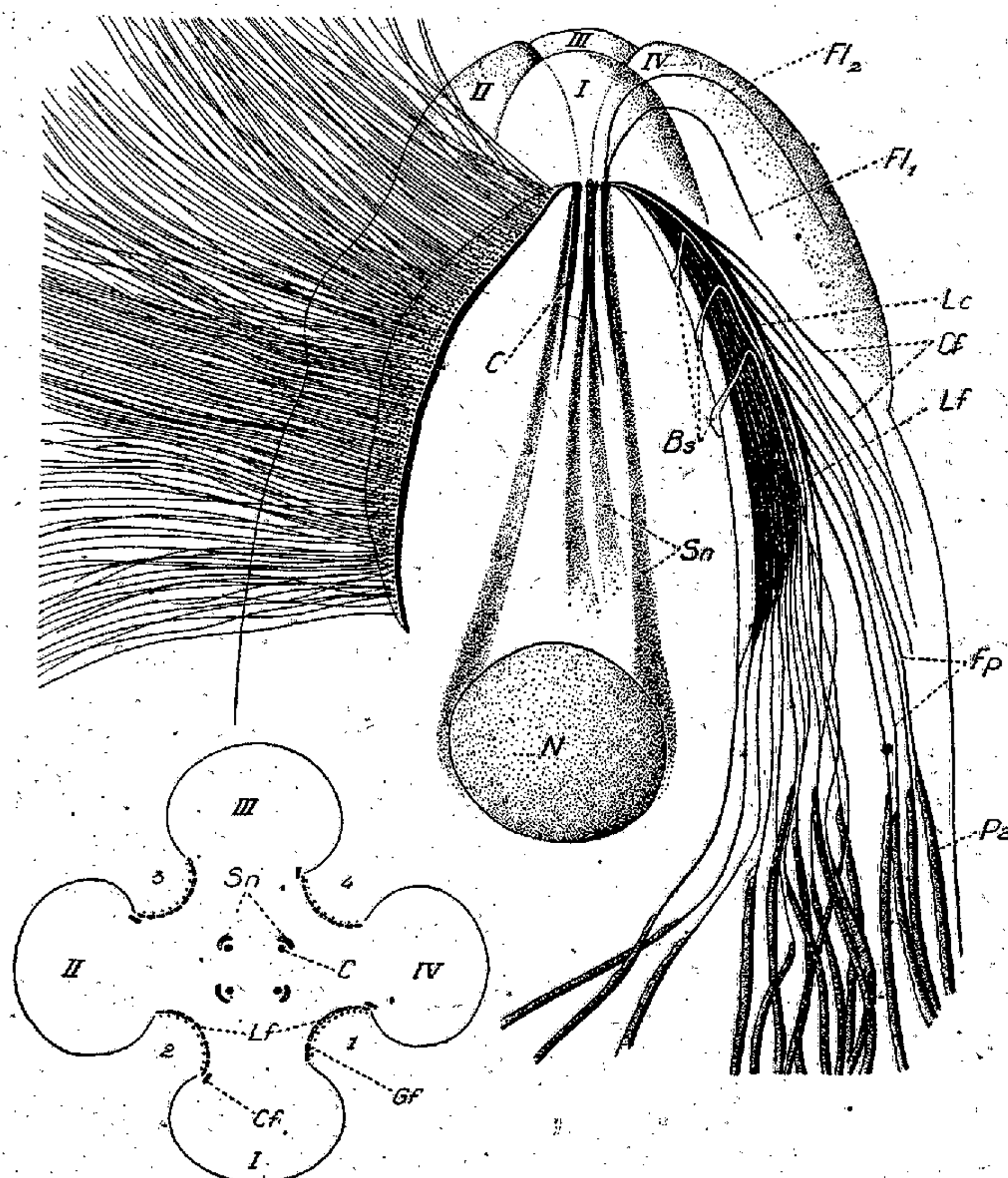
ERRATA.

—

(Séance du 8 juin 1942.)

Note de MM. *Pierre-P. Grassé* et *André Hollande*, Sur la structure des Hypermastigines du genre *Staurojœnina* :

Page 922, remplacer par la figure ci-dessous celle qui a été insérée par erreur.



Staurojœnina caulleryi n. sp.

En haut, diagramme demi schématique de la région antérieure. Seul le système lamellaire de l'antimère 1 a été figuré; l'area flagellaire représentée appartient à l'antimère 2. *En bas et à gauche*, coupe transversale passant au niveau des lobes; l'imbrication des lamelles sous-flagellaires n'a pas été indiquée.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1942.

Cours d'exploitation des Mines, par Haton de la Goupillière. Quatrième édition revue et considérablement augmentée, par J. de Berc. Tome I, 1928; tome II, 1931; tome III, 1936; tome IV, 1936; tome V, 1941; tome VI, 1942. Paris, Dunod; 6 vol. 25cm,5.

École centrale des arts et manufactures. *Séance commémorative en l'honneur de M. Émile Picard.* Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 fasc. 23cm,5 (offert par M. L. Guillet).

François Fresneau, seigneur de la Gataudière, Père du caoutchouc, par François de Chasseloup-Laubat. Paris, Plon, 1942; 1 vol. 20cm (présenté par M. A. Chevalier).

Atlas de géologie transcaucasienne, par P. et N. Bonnet. Paris, 1933-1937; 1 carton 40cm.

Actualités scientifiques et industrielles. Éléments de police scientifique. I. *Instructions signalétiques. L'anthropométrie et les antécédents judiciaires,* par Charles Sannié et D. Guérin. Paris, Hermann et Cie, 1938; 1 vol. 25cm.

— Idem. II. *Le signalement descriptif (portrait parlé). Les marques particulières et l'utilisation du signalement individuel,* par Charles Sannié et D. Guérin. Paris, Hermann et Cie, 1938; 1 vol. 25cm.

— Idem. III. *Empreintes épidermiques. Dessin digital et classification dactyloscopique,* par Charles Sannié et D. Guérin, Paris, Hermann et Cie, 1939; 1 vol. 25cm.

— Idem. IV. *L'identification par les empreintes épidermiques. Relevé des empreintes. Classification monodactylaire,* par Charles Sannié et D. Guérin. Paris, Hermann et Cie, 1940; 1 vol. 25cm.

Les zoocécidies des Plantes de l'Amérique du Nord : galle des Chênes, par Clodomir Houard. Paris, Librairie scientifique Hermann et Cie, 1940; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. L. Bouvier).

Les peupliers, par Philibert Guinier. Extrait du *Bulletin du Comité des forêts.* Tome XI, 1939; 1 fasc. 21cm,5.

FIN DU TOME DEUX-CENT-QUATORZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN **1942**.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 214.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

L

M

N

O

P

R

S

V

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

I

M

N

O

TABLE DES AUTEURS.

A

B

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

119058 Paris. — Imp. GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins.